



**PENGUKURAN IMPEDANSI LISTRIK CAMPURAN LEMAK BABI PADA LEMAK SAPI MENGGUNAKAN METODE PLAT SEJAJAR**

**SKRIPSI**

oleh :

**NURUSSYARIFATUL ISLAHIYYA  
12509030011015**



**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**





**PENGUKURAN IMPEDANSI LISTRIK CAMPURAN LEMAK BABI PADA LEMAK SAPI MENGGUNAKAN METODE PLAT SEJAJAR**

**SKRIPSI**

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

oleh :

**NURUSSYARIFATUL ISLAHIYYA**  
**125090300111015**



**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**





**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**PENGUKURAN IMPEDANSI LISTRIK CAMPURAN LEMAK BABI PADA LEMAK SAPI MENGGUNAKAN METODE PLAT SEJAJAR**

oleh :

**NURUSSYARIFATUL ISLAHIYYA**

**125090300111015**

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
Pada tanggal.....  
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

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

DR. Eng. Didik R. Santoso, M.Si.  
NIP. 19690610.199402.1.001

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Brawijaya**

Sukir Maryanto, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 19710621.199802.1.001





## LEMBAR PERNYATAAN

**Saya yang bertanda tangan di bawah ini :**

**Nama** : Nurussyarifatul Islahiyya

**Nim** : 125090300111015

**Jurusan** : FISIKA

**Penulis Skripsi berjudul** : Pengukuran Impedansi Listrik  
Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi Menggunakan Metode Plat  
Sejajar

**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 termaksud 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, 1 Juli 2016

Yang menyatakan,

Nurussyarifatul Islahiyya

NIM. 125090300111015





# **PENGUKURAN IMPEDANSI LISTRIK CAMPURAN LEMAK BABI PADA LEMAK SAPI MENGGUNAKAN METODE PLAT SEJAJAR**

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan campuran lemak babi pada lemak sapi. Pengukuran nilai impedansi listrik pada sampel campuran lemak menggunakan plat sejajar dan alat picoscope tipe 5244B. plat sejajar terbuat dari bahan tembaga dengan luas  $20 \times 10$  mm dan jarak antar palt sebesar 5mm. pengukuran dilakukan dengan cara menginjeksikan arus AC sebesar  $1 \mu A$  pada plat sejajar dalam rentang frekuensi  $100 \text{ Hz} - 10 \text{ kHz}$ . Hasil pengukuran didapatkan nilai tegangan dalam bentuk gelombang sinusoidal. Nilai impedansi listrik didapatkan dari hasil perhitungan nilai tegangan dibagi dengan injeksi arus. Lemak babi ditambahkan pada lemak sapi dengan konsentrasi campuran terbesar adalah 25% dan konsentrasi campuran terendah sebesar 0,5%. Nilai impedansi lemak sapi didapatkan sebesar  $(6,479 - 0,192 \text{ M}\Omega)$  dan nilai impedansi lemak babi sebesar  $(6,247 - 0,168 \text{ M}\Omega)$ . Nilai impedansi lemak sapi turun akibat adanya campuran lemak babi.

**Kata kunci :** Impedansi listrik, Metode plat sejajar, lemak babi, lemak sapi.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



# ELECTRICAL IMPEDANCE MEASUREMENT OF MIXED LARD AND TALLOW IN METHOD USING PARALLEL PLATE

## ABSTRACT

This research was intended to determine the mixed of lard on tallow. Measurement of the electrical impedance value on samples of lard and tallow mixed was using picoscope Type 5244B and parallel plate. Parallel plate was made of copper with an area of 20x10 mm and the distance between both palts were 5mm. The measurement exercised by injecting an AC in the amount of  $1\mu\text{A}$  in a range frequency of 100 Hz – 10 kHz to the plate. The measurement results were obtained from the voltage values of sinusoidal waveform. Electrical impedance values were obtained from the calculation of the voltage value which was divided by the current injection. The largest mixture concentration of tallow, which was added to lard, was 25% and the lowest concentration was 0.5%. The result of tallow impedance value was (6,479 to 0,192 M $\Omega$ ) and the impedance value of lard was (6,247 to 0,168 M $\Omega$ ). The Value of tallow impedance was felt due to the lard mixture.

**Keyword:** Electrical impedance, Parallel plate method, Lard, Tallow.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dalam bidang Sains Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis baik berupa dukungan, bantuan penelitian serta saran khususnya kepada:

1. Bapak Sukir Maryanto, S.Si.,M.Si.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
2. Bapak Chomsin S. Widodo, S.Si.,M.Si.,Ph.D selaku Pembimbing pertama dan dosen pembimbing akademik saya yang telah meluangkan waktu dan pikiran, arahan, saran, motivasi, bimbingan dan kesabaran selama penelitian ini.
3. Bapak Dr.Eng. Didik R. Santoso, M.Si selaku pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, waktu, pikiran, bimbingan serta kesabaran selama penelitian ini.
4. Kedua orang tua saya, Bapak (Peltu.Syarifuddin), Mama (Sumiatun), dan kedua adik saya (Fadhilah Nur Salsabila dan Quds Raudah) yang selalu memberikan motivasi, semangat, keceriaan dan do'a tiada hentinya kepada saya.
5. Rekan seperjuangan satu Tim Penelitian (Aulia Siska Yuliana, Ainun Rohimus S. dan Mukhamad Muaffi) yang selalu memberikan motivasi, semangat dan saran selama melakukan proses penelitian.
6. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan Jurusan Fisika yang telah memberikan pendidikan dan bantuan selama di Jurusan Fisika FMIPA UB.
7. Sahabat kecil dan teman saya Irine Aryani, Aqmal Nur Jihad dan Ardiansyah P. Esmondo yang senantiasa memotivasi dan memberi semangat.



8. Sahabat dan teman seperjuangan (Dian Sulistyoningih, Agesta Dwi, Citra Kurnia Sari dan Gusti Atika Urfa) dan segenap keluarga Fisika angkatan 2012 yang memberikan semangat dan bantuan kepada saya.
9. Sahabat dan teman seperjuangan di PhyRoC dan Teman teman bimbingan Pak Cho, Budhe, Clara, Osa, Liyul, Fani yang selalu memberikan semangat dan saran.
10. Teman dan sahabat OPO AE (Dian, Dina, Kekey, Osa, Selly, Asna) yang selalu memberikan keceriaan, motivasi, doa dan semangat selama ini.
11. Rekan rekan Solid Badminton dan Sahabat 5CM Katanya (Mas Brian, Mas Ave, Mas Adi dan Mas Irsyad) yang selalu memberikan dukungan, motivasi, semangat, bantuan, dan keceriaan selama perkuliahan dan skripsi ini.
12. Kakak tingkat serta adik tingkat Fisika (Mas Adwi, Mas Nicon, Mbak Acem, Mas Rijal, Ragil, Sirr, Bagas, Waqid, Yaqin) yang memberikan banyak bantuan dan bimbingannya.
13. Keluarga Kos Blewah (Mbak titik, Tita, Nihil, Dyan, Dira Mbak Inggar, Amel, Mbak Kiki, Mbak Nimis, Mbak Baiq, Mbak Devi, Mbak Diana, Mbak Ratih) yang selalu memotivasi, semangat dan kegembiraan dikala jenuh

Penulis menyadari bahwa penulisan ini masih terdapat kekurangan baik dalam penyusunan, bahasa dan penyajian penjelasannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari pembaca sehingga dapat memberikan perubahan kea rah yang lebih baik. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan dan informasi kepada pembaca.

Malang, 1 Juli 2016

Penulis

## ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini merupakan bagian dari hibah penelitian PUPT tahun 2016 dengan nomor kontrak:..... atas nama Chomsin S. Widodo, dkk, yang berjudul “pengembangan system instrumentasi untuk identifikasi sifat kelistrikan kompleks suatu jaringan biologi secara cepat dan presisi”.



(Halaman ini sengaja dikosongkan)





**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL..... iii

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI..... v

LEMBAR PERNYATAAN..... vii

ABSTRAK..... ix

ABSTRACT..... xi

KATA PENGANTAR..... xiii

ACKNOWLEDGEMENT..... xv

DAFTAR ISI..... xvii

DAFTAR GAMBAR..... xix

DAFTAR TABEL..... xxiii

DAFTAR LAMPIRAN..... xxiv

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1 Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 2

1.3 Batasan masalah..... 3

1.4 Tujuan Penelitian..... 3

1.5 Manfaat Penelitian..... 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 5

2.1 Biolistrik..... 5

2.2 Impedansi Listrik..... 6

2.2.1. Rangkaian AC..... 6

2.2.2. Impedansi Rangkaian RLC Arus AC..... 10

2.3 Metode Dielektrik..... 12

xvii



2.4 Kapasitansi dan Resistansi.....	16
2.5 Lemak.....	18
2.5.1. Lemak Sapi.....	21
2.5.2. Lemak Babi.....	23
<b>BAB III METODEDE PENELITIAN.....</b>	<b>25</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.3 Metode Penelitian.....	25
3.2.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2.2 Persiapan Alat.....	27
3.2.3 Persiapan Sampel.....	31
3.2.4 Pengukuran Sampel Lemak.....	32
3.2.5 Analisia Data.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Rangkaian Randles Pada Larutan.....	35
4.2 Nilai Impedansi Listrik Lemak Babi dan Lemak Sapi.....	37
4.3 Nilai Impedansi Listrik Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi Berbagai Konsentrasi.....	43
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>65</b>
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>71</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pergerakan arus melalui sel-sel di kedua frekuensi rendah dan tinggi.....	6
Gambar 2.2 (a) Generator AC dihubungkan seri dengan Resistor. (b) Arus sefase dengan tegangan (c) kurva daya yang didisipasikan dalam resistor (Tipler 2008).....	7
Gambar 2.3 (a) Generator AC dihubungkan seri dengan induktor. (b) Arus tertinggal dari tegangan sejauh $90^\circ$ (Giancoli 2001).....	8
Gambar 2.4 (a) Generator AC dihubungkan seri dengan kapasitor. (b) Arus mendahului tegangan sejauh $90^\circ$ (Giancoli 2001).....	10
Gambar 2.5 (a) Rangkaian RLC Seri Arus AC (b) Hubungan fase pada rangkaian RLC (c) Diagram Fasor rangkaian RLC (Halliday 2007) (d) Rangkaian Paralel Arus AC, (Gussow 2004).....	11
Gambar 2.6 Plat Kapasitor (a) Tanpa Dielektrik. (b) Dengan Dielektrik.....	13
Gambar 2.7 (a) Dipol dipol Listrik Dielektrik Polar. (b) Penyebaran Dipol dipol karena adanya Medan Listrik (Halliday 2007).....	14
Gambar 2.8 Molekul molekul Nonpolar acak (a) dan Molekul Nonpolar yang Terpolarisasi oleh Medan Magnet Luar (b) (Young 2004).....	15
Gambar 2.9 Kapasitor plat sejajar dihubungkan pada sebuah baterai (Jewett 2004).....	17
Gambar 2.10 Plot $V$ terhadap $I$ untuk material ohmik dan nonohmik.....	18
Gambar 2.11 Struktur Kimia Lemak (Sucipto 2013).....	19
Gambar 2.12 Struktur asam lemak jenuh (Sastrohamidjojo 2005).....	19



Gambar 2.13 Struktur asam lemak tak jenuh (a) asam lemak tak jenuh tunggal, (b) asam lemak tak jenuh jamak (Sastrohamidjojo 2005).....20

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....26

Gambar 3.2 Desain Plat kapasitor sejajar .....27

Gambar 3.3 Rangkaian Alat Percobaan .....28

Gambar 3.4 Tampilan picoscope pada Komputer (PC) .....29

Gambar 3.5 Skala Tegangan Pada Software Picoscope .....30

Gambar 3.6 Grafik Respon Frekuensi AD620 pada Converter V to I .....30

Gambar 3.7 Tampilan Hasil Pengukuran Sampel Lemak Pada Picoscope .....33

Gambar 4.1 (a) Reaksi elektrokimia antarmuka dengan difusi pada komponen lapisan ganda (Lvovich 2015) (b) Rangkaian Listrik model Randles (Ando,2014).....36

Gambar 4.2 Hasil Simulasi Rangkaian Randle.....37

Gambar 4.3 Grafik Nilai Impedansi Total pada Lemak Sapi dan Lemak Babi .....40

Gambar 4.4 Molekul molekul Nonpolar (a) dan Molekul Nonpolar yang Terpolarisasi oleh Medan Magnet Luar (b), .....41

Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan berbagai konsentrasi campuran .....45

Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 10% dengan rentang frekuensi 100 Hz – 500 Hz .....46

Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 10% dengan rentang frekuensi 500 Hz – 1kHz .....47



Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 10% dengan rentang frekuensi 1 kHz – 5kHz..... 48

Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 10% dengan rentang frekuensi 5 kHz – 10 kHz..... 49

Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 100 Hz – 500 Hz..... 50

Gambar 4.11 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 500 Hz – 1000 Hz..... 51

Gambar 4.12 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 1000 Hz – 5 kHz..... 52

Gambar 4.13 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 5 kHz – 10 kHz..... 53

Gambar 4.14 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 100 Hz – 500 Hz..... 54

Gambar 4.15 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 500 Hz – 1000 kHz..... 55

Gambar 4.16 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi

dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 1000 Hz – 5000 Hz.....56

Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 5 kHz – 10 kHz.....57

Gambar 4.18 Grafik Nilai Impedansi Lemak Sapi terhadap Campuran Lemak Babi dengan berbagai konsentrasi162



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Komposisi Kandungan Asam Lemak Jenuh dan Asam Lemak Tak Jenuh..... 20

Tabel 2.2 Sifat Fisikokimia dari Lemak Hewani..... 22

Tabel 2.3 Komposisi Asam Lemak Hewani..... 22

Tabel 2.4 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Babi ..... 23

Tabel 2.5 Sifat Fisik Lemak Babi..... 24

Tabel 3.1 Presentasi konsentrasi campuran lemak babi pada lemak sapi..... 32

Tabel 4.1 Komposisi Asam Lemak pada Lemak Sapi dan Lemak Babi..... 42

Tabel 4.2 Penurunan tiap 5% untuk frekuensi 300 Hz – 5000 Hz .. 60

Tabel 4.3 Penurunan tiap 0,5% untuk frekuensi 300 Hz – 1500 Hz 60



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Alat dan Bahan Penelitian ..... 71

Lampiran 2 Data Hasil Percobaan Sampel Lemak Babi pada Lemak Sapi ..... 76

Lampiran 3 Tabel Selisih/Perbedaan Antar Sampel ..... 108

Lampiran 4 Persamaan Garis Pada Grafik ..... 110

Lampiran 5 Tabel Penurunan Antar Sampel ..... 113





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lemak sapi pada daging sapi segar sudah banyak dimanfaatkan untuk industri bahan makanan, kosmetik, obat-obatan dan lain sebagainya. Pada industri makanan, fungsi lemak adalah untuk meningkatkan energi dan sumber tenaga bagi tubuh untuk menjalani aktivitas sehari-hari. Pemanfaatan lemak sapi digunakan untuk campuran bahan makanan. Lemak sapi dimanfaatkan dalam campuran bahan makanan untuk pembuatan kue, cake panggang, minyak hewani, yang berfungsi untuk memperbaiki cita rasa, tekstur, struktur, keempukan bahan makanan. Lemak dikonsumsi dengan jumlah tertentu sehingga dapat bermanfaat bagi tubuh.

Kasus lemak babi atau gelatin babi banyak ditemukan pada beberapa produk makanan. Beberapa kasus, lemak babi digunakan sebagai campuran bahan makanan baik dalam makanan kemasan dan non kemasan serta sebagai campuran minyak goreng pada bahan makanan yang bertujuan untuk menambah cita rasa. Lemak sapi cenderung memiliki harga yang mahal. Lemak babi cenderung memiliki harga yang murah dipasaran. Karena faktor tersebut, sebagian produsen olahan makanan mencampur kedua lemak tersebut kedalam bahan makanan. Cara ini membuat produsen makanan mendapatkan keuntungan besar karena dapat menekan biaya produksi. Karena kasus ini, menimbulkan keresahan akan produk makanan halal dipasaran.

Sifat listrik dari bahan pangan dapat digunakan untuk menentukan nilai kualitas dan kemurnian bahan secara cepat. Salah satunya yaitu adalah sifat dielektrik. Sifat dielektrik dapat memberikan informasi tentang interaksi bahan dengan energi elektromagnetik. Sifat dielektrik pada berbagai macam bahan pangan dibutuhkan untuk memahami perilaku bahan ketika dimasukkan ke medan elektromagnetik pada frekuensi dan suhu tertentu (Sosa-Morales et al. 2010). Pada setiap bahan memiliki karakteristik sifat listrik yang besarnya sangat ditentukan oleh kondisi internal bahan

tersebut, seperti momen dipol listrik, komposisi bahan kimia, kandungan air, keasamaan dan sifat internal lainnya (Hermawan 2005).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nuzula (2014) dan Wardani (2015) menyatakan campuran lemak babi terhadap lemak sapi dapat diukur dengan menggunakan metode dielektrik dengan range frekuensi rendah yaitu 100 Hz hingga 2000 Hz dengan mengukur nilai kapasitansi, impedansi listrik dan konstanta dielektriknya dengan menggunakan LCR meter. Menurut penelitian Sucipto (2013) yaitu pendeteksian lemak babi pada daging sapi dengan berbasis sifat listrik, pengukuran yang dilakukan meliputi nilai impedansi, konduktivitas, kapasitansi dan konstanta dielektrik. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan frekuensi tinggi sekitar 4,71 hingga 4,98 MHz menggunakan alat LCR meter nilai impedansi, konduktivitas, kapasitansi dan konstanta dielektrik pada sampel dapat diamati perbedaannya.

Mengacu pada penelitian sebelumnya, penggunaan LCR meter hanya dapat digunakan pada range frekuensi 100 Hz hingga 2000 Hz. Nilai pengukuran dari sifat listrik bahan dapat diamati dengan baik dimulai pada frekuensi 800 Hz, sehingga pengukuran kurang efektif digunakan pada frekuensi dibawah 800 Hz dan diatas 2000 Hz. Pada penelitian ini, untuk menganalisis karakteristik kelistrikan yaitu pada campuran lemak babi berbagai konsentrasi terhadap lemak sapi digunakan metode dielektrik plat sejajar yang diinjeksi dengan arus AC. Metode ini menggunakan bantuan alat PICOSCOPE S5000 TIPE 5244B dengan menggunakan rentang frekuensi rendah yaitu 100 Hz hingga 10 kHz. Dengan metode tersebut, pengukuran sifat listrik yang dilakukan adalah dengan mengukur nilai tegangan dari sampel yang kemudian akan didapatkan nilai impedansi listriknya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- Bagaimana nilai impedansi listrik campuran lemak babi pada lemak sapi berbagai konsentrasi?
- Bagaimana pengaruh campuran lemak babi dengan berbagai konsentrasi terhadap nilai impedansi listrik lemak sapi?

c. Apakah dengan menggunakan metode dielektrik plat sejajar yang diinjeksikan arus AC dapat mengukur nilai impedansi listrik campuran lemak babi pada lemak sapi dengan rentang frekuensi rendah?

### 1.3 Batasan masalah

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu,

Pada pengukuran impedansi listrik, metode yang digunakan adalah dengan meninjeksikan arus  $1\mu\text{A}$  pada plat sejajar dengan rentang frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz. Pengukuran sampel dilakukan pada suhu dan tekanan ruang. Pengukuran karakteristik biolistrik dilakukan pada lemak babi dan lemak sapi yang tidak diketahui umur, letak jaringan lemak, makanan yang diberikan pada ternak, jenis kelamin dan kandungan kimianya. Serta pengukuran impedansi listrik tanpa mengetahui kandungan airnya.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

- Untuk menganalisis bahwa nilai impedansi listrik dapat menentukan campuran lemak babi pada lemak sapi.
- Mengetahui pengaruh campuran lemak babi dengan berbagai konsentrasi terhadap nilai impedansi listrik pada lemak sapi.
- Mengetahui bahwa dengan metode dielektrik plat sejajar yang diinjeksikan arus AC dapat mengukur nilai impedansi listrik campuran lemak babi pada lemak sapi dengan rentang frekuensi rendah.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini sebagai informasi tentang adanya campuran lemak babi pada lemak sapi yang dapat dideteksi melalui karakteristik kelistrikan yaitu nilai impedansinya. Pada pengukurannya menggunakan metode dielektrik plat sejajar yang diinjeksikan arus AC pada range frekuensi rendah. Serta dapat dikembangkan alat ukur untuk mendeteksi adanya lemak babi dalam bahan makanan.



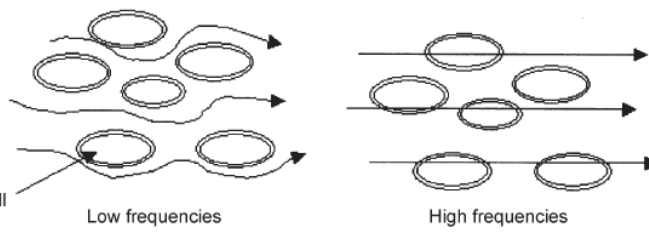
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Biolistrik

Biolistrik adalah karakteristik kelistrikan dalam suatu sel atau pada suatu jaringan makhluk hidup. Sifat biolistrik sangat dipengaruhi frekuensi, suhu, kadar air, densitas, komposisi, dan struktur materi. Bahan biologis memiliki karakteristik biolistrik. Karakteristik biolistrik yang dapat adalah nilai impedansi, induktansi, kapasitansi, konstanta dielektrik serta konduktivitas listrik. Pengukuran dapat dilakukan menggunakan metode dielektrik yaitu dengan menggunakan dua plat kapasitor sejajar. Diantara plat kapasitor tersebut disisipkan bahan dielektrik (Hidayat 2014).

Setiap bahan memiliki karakteristik sifat listrik yang khas dan besarnya ditentukan oleh kondisi internal dari bahan tersebut, contohnya yaitu momen dipol listrik, komposisi bahan kimia, kandungan air, keasamaan dan sifat internal lainnya (Hermawan 2005). Sifat dielektrik dari suatu bahan akan memberikan informasi tentang interaksi bahan tersebut dengan energi elektromagnetik. Sifat dielektrik pada berbagai macam bahan pangan dibutuhkan untuk memahami perilaku bahan ketika dimasukkan ke medan elektromagnetik, pada frekuensi dan suhu tertentu (Spohner 2012).

Membran lipid dari sel-sel adalah isolator, yang mencegah arus pada frekuensi rendah memasuki sel. Pada frekuensi rendah, hampir semua arus mengalir melalui ruang ekstraseluler saja, sehingga impedansi total lebih resistif dan setara dengan ruang ekstraseluler. Karena biasanya sekitar 20% atau kurang dari jaringan total, impedansi yang dihasilkan relatif tinggi. Di frekuensi yang lebih tinggi, kapasitansi sel membran dapat memasuki ruang intraseluler juga, sehingga secara keseluruhan ion ion konduktif di ruang ekstra dan intra-seluler seperti pada Gambar 2.1 (Grimnes and Martinsen 2014).



Gambar 2.1 Pergerakan arus melalui sel-sel di kedua frekuensi rendah dan tinggi

## 2.2. Impedansi Listrik

Jika kapasitor dirangkaikan dengan sebuah resistor dan induktor pada rangkaian arus bolak-balik (AC), maka hambatan total pada rangkaian itu dikenal dengan impedansi. Suatu hambatan (R) sebagai komponen dissipative (menghilangkan) respon dielektrik, sedangkan suatu kapasitansi (C) menggambarkan komponen penyimpan dielektrik bahan. Jika pada sirkuit paralel R-C yang menciptakan suatu model yang cukup dari polarisasi dielektrik pada cakupan frekuensi yang didominasi oleh perpindahan muatan bebas. Keseluruhan impedansi dari sirkuit diberikan oleh penjumlahan kontribusi hambatan dan kapasitansi (Azizah 2008).

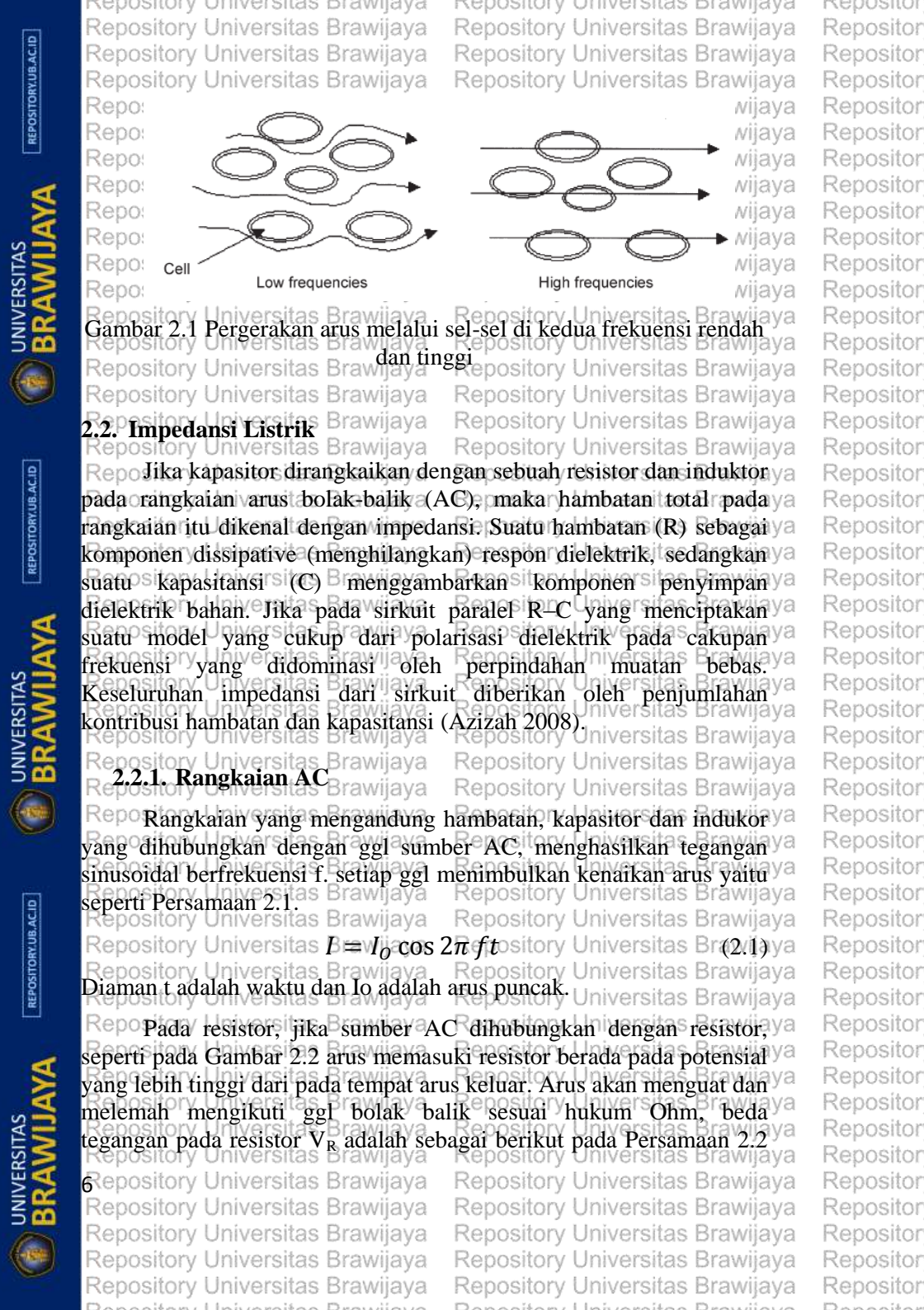
### 2.2.1. Rangkaian AC

Rangkaian yang mengandung hambatan, kapasitor dan induktor yang dihubungkan dengan ggl sumber AC, menghasilkan tegangan sinusoidal berfrekuensi  $f$ . setiap ggl menimbulkan kenaikan arus yaitu seperti Persamaan 2.1.

$$I = I_0 \cos 2\pi ft \quad (2.1)$$

Diaman  $t$  adalah waktu dan  $I_0$  adalah arus puncak.

Pada resistor, jika sumber AC dihubungkan dengan resistor, seperti pada Gambar 2.2 arus memasuki resistor berada pada potensial yang lebih tinggi dari pada tempat arus keluar. Arus akan menguat dan melemah mengikuti gg bolak balik sesuai hukum Ohm, beda tegangan pada resistor  $V_R$  adalah sebagai berikut pada Persamaan 2.2



hingga 2.3. Pada rangkaian ini arus dan tegangan sefase yang dinyatakan pada Persamaan 2.4 dan 2.5. (Tipler 2008).

$$V_R = V_{R \text{ Peak}} \cos 2\pi ft \quad (2.2)$$

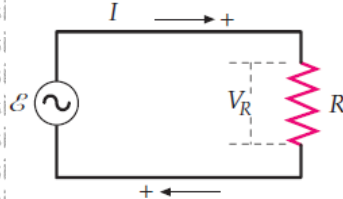
Pada hukum ohm,

$$V_R = I R \quad (2.3)$$

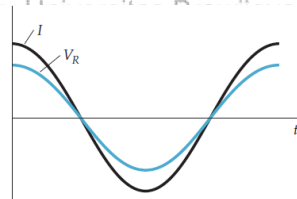
Maka arus pada resistor

$$I = \frac{V_{R \text{ Peak}}}{R} \cos \omega t = I_{\text{Peak}} \cos \omega t \quad (2.4)$$

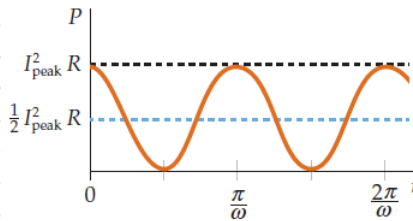
$$I_{\text{Peak}} = \frac{V_{R \text{ Peak}}}{R} \quad (2.5)$$



(a)



(b)



(c)

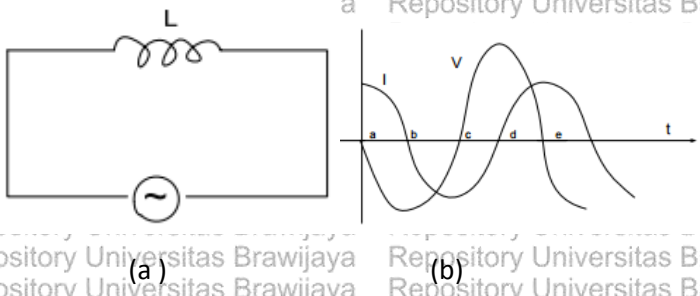
Gambar 2.2 (a) Generator AC dihubungkan seri dengan Resistor. (b) Arus sefase dengan tegangan (c) kurva daya yang didisipasikan dalam resistor (Tipler 2008)



Pada induktor, Jika induktor dihubungkan dengan sumber AC kita mengabaikan hambatan yang mungkin ada. Tegangan yang diberikan pada induktor sama dengan ggl balik yang dibangkitkan di dalam inductor oleh perubahan arus, melalui rumus :

$$\epsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Hal ini disebabkan karena jumlah ggl di dalam rangkaian tertutup harus bernilai nol sesuai dengan hukum Kirchoff. Seperti yang di tampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 (a) Generator AC dihubungkn seri dengan induktor. (b)

Arus tertinggal dari tegangan sejauh 90° (Giancoli 2001).

Jadi, tegangan pada rangkaian induktor seperti pada Persamaan 2.6 dan arus yang mengalir pada induktor seperti pada Persamaan 2.7:

$$V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0 \text{ atau } V = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (2.6)$$

$$I = I_0 \cos 2\pi ft \text{ maka } V = -V_0 \cos 2\pi ft \quad (2.7)$$

Sehingga pada induktor arus tertinggal 90° dari tegangan (yang setara dengan seperempat putaran). Karena arus dan tegangan berbeda fase 90° maka secara rata-rata tidak ada energi yang ditransformasi di dalam inductor dan tidak ada energi yang terbuang sebagai panas. Ditemukan bahwa kuat arus di dalam induktor sebanding dengan tegangan Ac yang diberikan pada frekuensi tertentu, sehingga dapat dituliskan seperti pada Persamaan 2.8.





$$V = I X_L \quad (2.8)$$

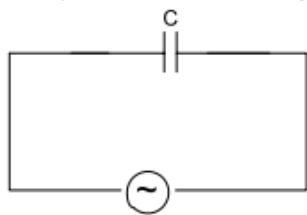
$X_L$  dinamakan reaktansi induktif atau impedansi dari suatu induktor. Biasanya kita menggunakan istilah “reaktansi” hanya untuk sesuatu yang bersifat induktif dan “impedansi” untuk menghitung jumlah rintangan suatu kumparan. Dari kenyataan semakin besar nilai  $L$  semakin kecil perubahan arus  $\Delta I$  dalam selang  $\Delta t$  tertentu. Karena itu  $I$  setiap saat akan menjadi lebih kecil dari frekuensi yang digunakan. Reaktansi juga bergantung frekuensi. Semakin besar frekuensi semakin cepat perubahan flux magnet yang terjadi pada induktor dan semakin besar frekuensi semakin besar reaktansi, sehingga nilainya seperti pada Persamaan 2.9 (Giancoli 2001).

$$X_L = 2\pi f L \quad (2.9)$$

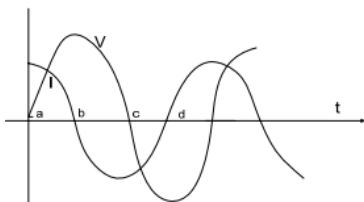
Pada Kapasitor, sebuah kapasitor dihubungkan dengan sebuah baterai plat-plat kapsitor segera mendapatkan muatan-muatan dalam jumlah yang sama namun berlawanan dan tidak ada aliran arus konstan pada rangkaian. Kapasitor mencegah terjadinya aliran arus DC. Tetapi jika sebuah kapasitor dihubungkan dengan tegangan AC arus bolak-balik akan mengalir secara continue. Karena ketika tegangan AC dihidupkan muatan mulai mengalir sehingga pada salah satu plat terkumpul muatan negatif dan plat lain terkumpul muatan positif. Ketika tegangan berbalik muatan mengalir dengan arah berlawanan. Jadi jika digunakan tegangan bolak-balik timbul arus AC pada rangkaian secara continue (Giancoli 2001).

Pada rangkaian seperti pada Gambar 2.4 tegangan yang diberikan sama dengan tegangan kapasitor yaitu  $V_c = Q/C$  dimana  $C$  adalah kapasitansi dan  $Q$  adalah muatan pada plat. Muatan  $Q$  pada plat mengikuti tegangan, jika tegangan bernilai nol muatan juga nol, jika tegangan maksimum, muatan juga maksimum. Sehingga nilai arus dan tegangannya ditiiskan seperti pada Persamaan 2.10:

$$i = I_0 \cos 2\pi ft \text{ maka } V = V_0 \cos 2\pi ft \quad (2.10)$$



(a)



(b)

Gambar 2.4 (a) Generator AC dihubungkan seri dengan kapasitor. (b) Arus mendahului tegangan sejauh  $90^\circ$  (Giancoli 2001).

Pada kapasitor arus mendahului tegangan sebesar  $90^\circ$ . Karena arus dan tegangan berbeda fase daya rata-rata yang terbuang adalah 0 seperti dalam induktor. Energi dalam sumber diberikan kepada kapasitor dan energi disimpan dalam bentuk medan listrik antar plat. Ketika medan berkurang energi kembali ke sumbernya jadi pada rangkaian AC hanya resistor yang menghamburkan energi. Hubungan antara tegangan dan arus dalam kapasitor seperti pada persamaan 2.11.

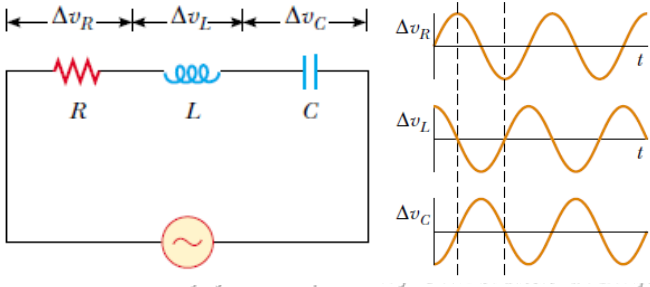
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.11)$$

Dengan  $X_C$  adalah reaktansi kapasitif atau impedansi kapasitor. Persamaan ini berlaku untuk nilai rms atau nilai puncak dari tegangan, tidak berlaku untuk waktu sesaat karena I dan V berbeda fase.  $X_C$  bergantung pada kapasitas C dan frekuensi. Semakin besar kapasitas semakin banyak muatan yang bisa ditampung sehingga semakin kecil perlambatan yang terjadi dalam arus bolak-balik. Jika frekuensi membesar semakin sedikit waktu yang diperlukan untuk mengisi muatan plat pada setiap siklus dan menambah aliran arus (Giancoli 2001).

### 2.2.2. Impedansi Rangkaian RLC Arus AC

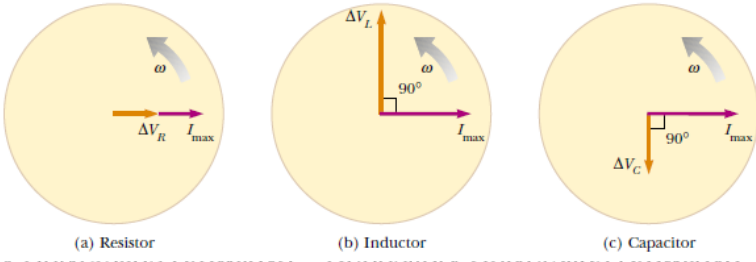
Pada rangkaian RLC dengan arus AC ini mengandung ketiga elemen yaitu resistor, induktor, dan kapasitor. Rangkaian ini dibagi lagi menjadi dua rangkaian yaitu rangkaian RLC seri dan rangkaian RLC paralel. Pada rangkaian RLC seri tegangan pada setiap elemen

akan mengikuti hubungan fase seperti pada Gambar 2.5 dan telah dijelaskan pada subbab sebelumnya.



(a)

(b)

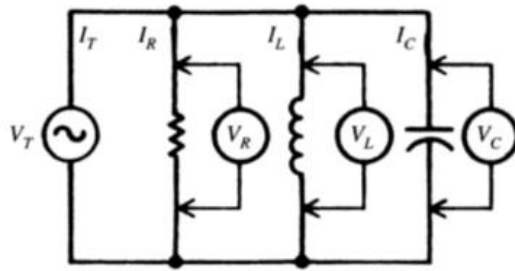


(a) Resistor

(b) Inductor

(c) Capacitor

(c)



(d)

Gambar 2.5 (a) Rangkaian RLC Seri Arus AC (b) Hubungan fase pada rangkaian RLC (c) Diagram Fashor rangkaian RLC (Halliday 2007)

(d) Rangkaian Paralel Arus AC. (Gussow 2004).



Impedansi listrik total ( $Z_T$ ) dari rangkaian R- L- C Seri adalah seperti pada persamaan 2.12 sampai 2.14, (Tipler 2008).

$$Z_S = Z_R + Z_L + Z_C \quad (2.12)$$

Maka,

$$|Z_S| = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2} \quad (2.13)$$

$$|Z_S| = \sqrt{R^2 + \left(2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC}\right)^2} \quad (2.14)$$

Besaran  $X_L - X_C$  disebut reaktansi total.

Impedansi listrik total ( $Z_T$ ) dari rangkaian R- L- C Paralel adalah, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 2.13 hingga 2.17.

$$Y_P = Y_R + Y_L + Y_C \quad (2.15)$$

Maka,

$$|Y_P| = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2} \quad (2.16)$$

$$|Z_P| = \frac{1}{|Y_P|} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} \quad (2.17)$$

Dimana ( $Y_p$ ) adalah admintansi dari Impedansi listrik ( $Z_p$ ).

### 2.3. Metode Dielektrik

Material nonkonduktor seperti kaca, kerts, atau kayu disebut sebagai dielektrik. Ketika ruang diantara dua buah konduktor pada suatu kapasitor diisi dengan dielektrik, maka kapasitansi naik sebanding dengan faktor  $k$ . Faktor  $k$  merupakan karakteristik dielektrik yang disebut sebagai konstanta dielektrik. Pada percobaan yang dilakukan oleh Michael Faraday, kenaikan kapasitansi

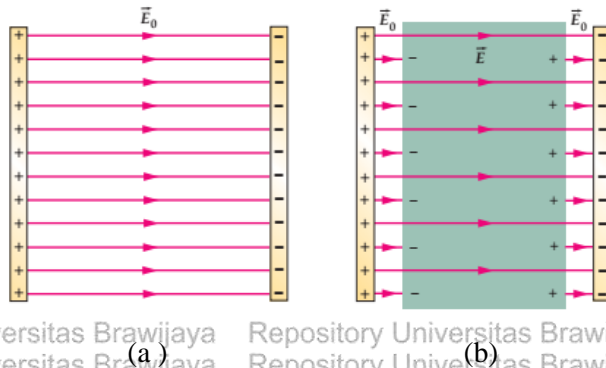
disebabkan oleh melemahnya medan listrik diantara keping kapasitor akibat adanya dielektrik. Jika medan listrik awal antara keping keping suatu kapasitor tanpa adanya dielektrik adalah  $E_0$ , maka medan di dalam dielektrik dirumuskan pada Persamaan 2.18.

$$E = \frac{E_0}{k} \quad (2.18)$$

Dimana  $k$  adalah konstanta dielektrik. Kapasitor keping sejajar dengan jarak antar keping adalah  $d$  maka perbedaan potensial antara keping dirumuskan pada persamaan 2.19 berikut.

$$V = E d = \frac{E_0 d}{k} = \frac{V_0}{k} \quad (2.19)$$

Dimana  $V$  adalah beda potensial dengan dielektrik, dan  $V_0$  adalah beda potensial awal tanpa adanya dielektrik. Pada Gambar 2.6 (a) merupakan medan listrik yang timbul pada plat kapasitor tanpa adanya dielektrik, dan (b) adalah keping kapasitor yang diberi dielektrik (Tipler 2008).

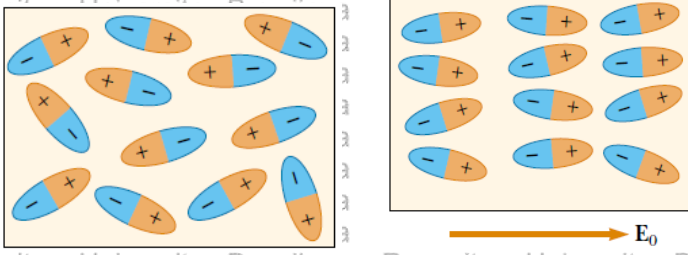


Gambar 2.6 Plat Kapasitor (a) Tanpa Dielektrik; (b) Dengan Dielektrik

Dielektrik dapat memperlemah medan listrik antara keping-keping suatu kapasitor karena adanya medan listrik. Molekul molekul dalam dielektrik akan menghasilkan medan listrik tambahan yang memiliki arah berlawanan dengan medan listrik luar. Molekul terdiri dari dua buah sifat, yaitu molekul yang memiliki sifat polar dan nonpolar. Molekul molekul dalam dielektrik yang bersifat polar maka,



dielektrik tersebut memiliki momen dipole yang permanen. Momen dipol pada molekul polar dan nonpolar normalnya tersebar secara acak. Pada saat keping kapasitor diberi medan listrik, momen dipol menerima suatu gaya torca yang memaksa momen dipole tersebut menyearahkan diri dengan arah medan listrik seperti pada Gambar 2.7 (Tipler 2001).

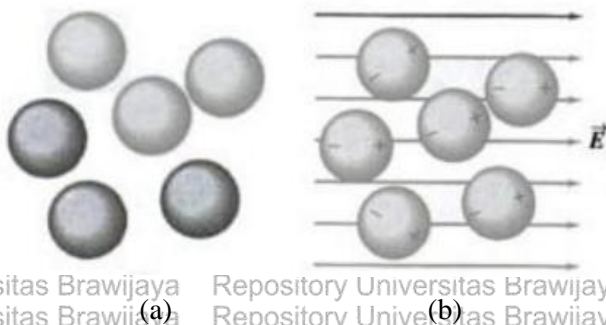


(a) (b)

Gambar 2.7 (a) Dipol dipol Listrik Dielektrik Polar. (b) Penyearahan Dipol dipol karena adanya Medan Listrik (Halliday 2007).

Pada Gambar 2.7 (a) merupakan dipol dipol listrik yang tersebar secara acak dari suatu dielektrik polar tanpa adanya medan listrik luar. (b) dalam pengaruh medan listrik luar, dipol dipol menyearahkan dirinya sejajar dengan arah medan listrik.

Kemampuan momen dipol untuk menyearahkan diri dengan medan listrik bergantung pada kuat medan dan temperature. Pada temperature tinggi, gerak termal, molekul molekul yang bersifat acak cenderung menghambat proses penyearahan. Jika molekul dielektrik bersifat non polar, maka dalam pengaruh medan listrik luar, molekul molekul dielektrik akan menginduksi momen momen dipol yang searah dengan arah medan seperti Gambar 2.8. Dielektrik dengan momen momen dipol yang searah dengan medan listrik dikatakan terpolarisasi oleh medan, baik polarisasi yang disebabkan oleh penyearahan momen momen dipol permanen dari molekul polar, atau akibat terjadinya momen dipol induksi dari molekul non polar. Keduanya menghasilkan medan listrik tambahan yang arahnya berlawanan dengan medan awal, sehingga dapat melemahkan medan awal (Tipler 2001).



Gambar 2.8 Molekul molekul Nonpolar acak (a) dan Molekul Nonpolar yang Terpolarisasi oleh Medan Magnet Luar (b) (Young 2004)

Bahan dielektrik merupakan suatu bahan isolator yang tidak dapat menghantarkan listrik atau muatan, namun ketika dikenai medan listrik, maka akan terbentuk dipol listrik dalam bahan tersebut (Griffiths 1999). Bahan dielektrik yang digunakan pada kapasitor plat sejajar dapat meningkatkan kapasitansinya (Serway 2010). Saat kapasitor tidak disisipi bahan dielektrik, muatan yang tersimpan adalah muatan pada masing-masing plat yaitu muatan positif dan muatan negatif yang terdapat pada plat. Ketika kapasitor disisipi bahan dielektrik dan dikenai medan listrik, muatan-muatan didalamnya akan terpolarisasi. Akibat polarisasi ini, terdapat pengumpulan muatan negative dari bahan dielektrik ke plat positif dan pengumpulan muatan positif ke plat negatif. Dengan demikian muatan keseluruhan kapasitor telah bertambah. Bertambahnya muatan pada kapasitor menunjukkan kemampuan kapasitor menyimpan muatan semakin besar, yang berarti kapasitansinya bertambah (Halliday 2007).

Bahan dielektrik mempunyai kekuatan dielektrik (konstanta dielektrik) tertentu, yaitu ukuran kemampuan bahan dielektrik untuk membangkitkan medan listrik yang disebabkan oleh polarisasi muatan. Hal ini mengakibatkan muatan positif akan bergerak berlawanan dengan medan listrik, sehingga terjadi momen dipol listrik (Vlack 2004).



**2.4. Kapasitansi dan Resistansi**

Kapasitansi adalah besaran yang menyatakan kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan listrik (Tipler 2001). Jika kapasitor diberi tegangan, maka kapasitor akan bermuatan. Satu plat bermuatan negatif dan sisi plat yang lainnya bermuatan positif dengan jumlah yang sama seperti pada Gambar 2.9. Untuk kapasitor tertentu, jumlah muatan  $Q$  yang didapat oleh setiap plat sebanding dengan beda potensialnya  $V$ , yang dapat dirumuskan pada Persamaan 2.20 berikut (Giancoli 2001).

$$Q = C V \tag{2.20}$$

Dimana nilai  $C$  adalah kapasitansi dari kapasitor yang satuannya adalah coulomb per volt yang disebut farad (F).

Kapasitansi dari suatu kapsitor dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu pada luas plat, jarak antar plat dan medium penyekat atau bahan dielektrik. Kapasitansi kapasitor plat sejajar tanpa bahan dielektrik sebanding dengan luas permukaan keping  $A$  dan berbanding terbalik dengan jarak antar platnya  $d$  yang berisi udara, kapasitansi dinyatakan yang dirumuskan seperti pada Persamaan 2.21 berikut (Serway 2010).

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \tag{2.21}$$

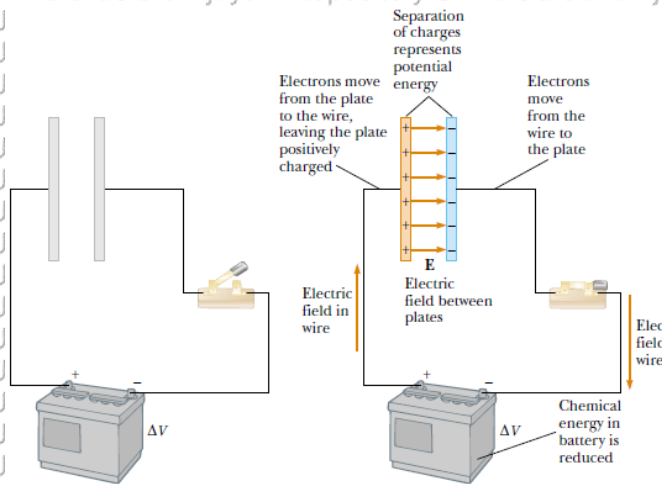
Kapasitansi dari suatu kapasitor keping sejajar jika disisipi bahan dielektrik dengan konstanta  $k$  adalah seperti Persamaan 2.22 hingga 2.23 (Tipler 2001).

$$C = \frac{K \epsilon_0 A}{d} = \frac{\epsilon A}{d} \tag{2.22}$$

Dimana 
$$\epsilon = k \epsilon_0 \tag{2.23}$$

Disebut permitivitas dielektrik.  $\epsilon_0$  disebut permitivitas ruang hampa yang besarnya  $8,85 \times 10^{-12}$  F/m.





Gambar 2.9 Kapasitor plat sejajar dihubungkan pada sebuah baterai (Jewett 2004).

Resistansi adalah kemampuan suatu benda untuk menahan/menghambat aliran arus listrik. Jika pada dua macam bahan dengan bentuk geometri dan ukuran yang sama diberi tegangan listrik dari sumber daya yang sama, kenyataannya memberikan nilai arus yang berbeda. Hal ini adalah disebabkan berbedanya resistansi kedua bahan tersebut. Jika resistansinya rendah, arus yang mengalir besar dan sebaliknya arus mengalir kecil bila resistansinya besar. Perbedaan potensial yang sama dan diberikan diantara ujung-ujung kawat tembaga atau perak yang memiliki geometri yang sama maka dihasilkan arus-arus yang berbeda karakteristik (sifat) penghantar ini disebabkan oleh hambatan (Resistansi). Hambatan  $R$  dari suatu penghantar merupakan perbandingan perbedaan potensial  $V$  antara titik-titik tersebut dengan arus listrik  $I$  dan dikenal sebagai hukum Ohm, dapat didefinisikan sebagai Persamaan 2.24 berikut (Halliday 2007)

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.24)$$

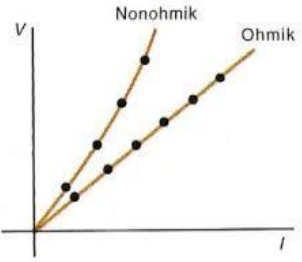
Satuan SI untuk resistansi adalah volt per ampere yang disebut Ohm ( $\Omega$ ). Resistansi suatu material bergantung pada panjang, luas



penampang lintang, tipe material, dan temperature. Material material yang mematuhi Hukum Ohm resistansi tidak bergantung pada I arus. Material ini disebut material Ohmik contohnya adalah logam. Pada material ini tegangan sebanding dengan arus. Yang nilainya seperti Persamaan 2.25 adalah.

$$V = IR \quad R \text{ konstan} \quad (2.25)$$

Untuk material nonohmik, perbandingan V/I bergantung pada nilai arus, sehingga arus tidak sebanding dengan beda potensial. Untuk material nonohmik, resistansi R didefinisikan seperti persamaan 2.7. pada Gambar 2.10 menunjukkan beda potensial V terhadap arus I untuk material ohmik dan nonohmik (Tipler 2001).



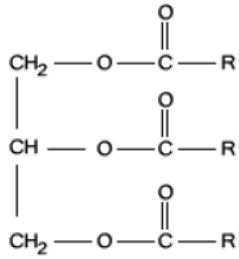
Gambar 2.10 Plot V terhadap I untuk material ohmik dan nonohmik.

**2.5. Lemak**

Lipida adalah senyawa organik yang terdapat di dalam mahluk hidup yang tidak larut di dalam air tetapi larut dalam pelarut organik nonpolar seperti heksan, dietileter, kloroform. Komponen utama dari lipida adalah lemak, lebih 95% lipida adalah lemak. Lemak adalah triester asam lemak dan gliserol. Nama kimia dari lemak adalah triasilgliserol (TAG) dan nama lain yang sering digunakan adalah trigliserida. Struktur kimia lemak dapat dilihat pada Gambar 2.11.

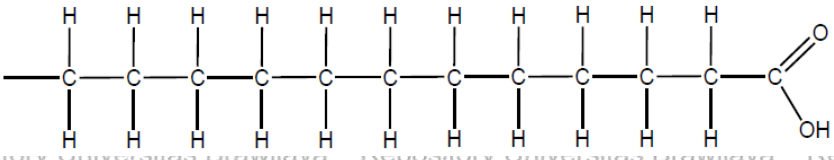
Lemak dibagi menjadi dua yaitu lemak yang berasal dari hewan (lemak hewani) dan lemak yang berasal dari tumbuhan (lemak nabati). Lemak hewani maupun nabati dibagi berdasarkan komposisi asam lemak yang dikandungnya yaitu lemak jenuh (*saturated fatty acid/SFA*) dan asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acids*). Lemak jenuh adalah lemak yang mengandung asam lemak jenuh

lebih dari 60%, sedangkan lemak tak jenuh mengandung asam lemak tak jenuh diatas 60%. Lemak nabati merupakan lemak tak jenuh dan cair pada suhu kamar sehingga disebut minyak kecuali minyak kelapa dan minyak inti sawit karena banyak mengandung asam lemak rantai sedang. Lemak hewani termasuk dalam lemak jenuh dan berwujud padat pada suhu kamar dan disebut sebagai lemak kecuali minyak ikan karena mengandung banyak asam lemak tak jenuh (McKee and McKee 2003).

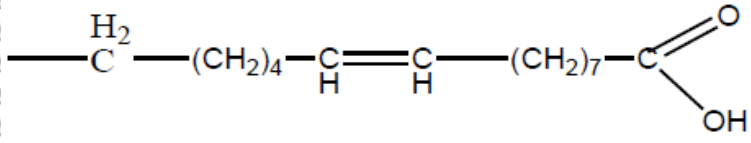


Gambar 2.11 Struktur Kimia Lemak (Sucipto 2013)

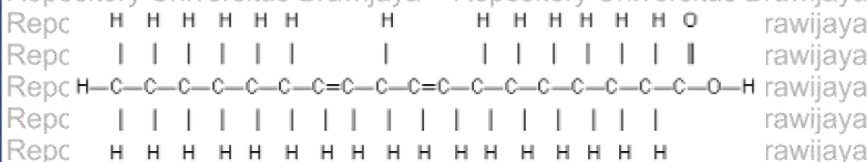
Asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acid/SFA*) adalah asam lemak yang tidak memiliki ikatan rangkap pada atom karbon. Ini berarti asam lemak jenuh tidak peka terhadap oksidasi dan pembentukan radikal bebas. Asam-asam lemak jenuh yang telah dapat diidentifikasi sebagai bagian dari lemak mempunyai atom C4 hingga C26 (O'Brien 2008), seperti pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Struktur asam lemak jenuh (Sastrohamidjojo 2005).



(a)



Gambar 2.13 Struktur asam lemak tak jenuh (a) asam lemak tak jenuh tunggal, (b) asam lemak tak jenuh jamak (Sastrohamidjojo 2005)

Asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acids*) merupakan asam lemak yang didalam rantai karbonnya mengandung ikatan rangkap. Derajat ketidajenuhan dari minyak tergantung pada jumlah rata-rata dari ikatan rangkap didalam asam lemak. Asam lemak jenuh ini dibagi menjadi dua yaitu Asam lemak tak jenuh tunggal (*Mono Unsaturated Fatty Acid/ MUFA*) merupakan jenis asam lemak yang mempunyai 1 (satu) ikatan rangkap pada rantai atom karbon. Asam lemak ini tergolong dalam asam lemak rantai panjang (LCFA). Asam lemak tak jenuh jamak (*Poly Unsaturated Fatty Acid/PUFA*) adalah asam lemak yang mengandung dua atau lebih ikatan rangkap, bersifat cair pada suhu kamar bahkan tetap cair pada suhu dingin, karena titik lelehnya lebih rendah. Struktur asam lemak jenuh dapat dilihat pada Gambar 2.13 (Sartika 2008).

Tabel 2.1 Komposisi Kandungan Asam Lemak Jenuh dan Asam Lemak Tak Jenuh.

Nama	Jumlah Karbon	Formula	Titik Leleh
Jenuh			
Laurat	12	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CO}_2\text{H}$	44
Miristat	14	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{CO}_2\text{H}$	58
Palmitat	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{H}$	62,8
Stearat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CO}_2\text{H}$	69,9
Arakidonat	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CO}_2\text{H}$	
Tak Jenuh			
Palmitoleat	16	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}_2\text{H}$	32
Oleat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{CO}_2\text{H}$	7
Linoleat	18	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CO}_2\text{H}$	-5
Linolenat	18	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	-11
Arakidonat	20	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{CO}_2\text{H}$	-50

(Sumber: Sumardjo 2009)



Ikatan dalam asam lemak inilah yang menyebabkan perbedaan sifat fisik antara asam lemak satu dengan lainnya. Ikatan rangkap dalam bentuk cis suatu asam lemak tidak jenuh mengubah bentuk rantai hidrokarbon sehingga rangkaian atomnya tidak begitu berdekatan. Dengan demikian, adanya ikatan rangkap dapat menurunkan gaya tarik yang mengikat rangkaian hidrokarbon.

Lemak hewani mengandung banyak sterol sehingga disebut kolesterol, sedangkan lemak nabati mengandung fitosterol dan lebih banyak mengandung asam lemak tak jenuh sehingga umumnya berbentuk cair. Lemak hewani ada yang berbentuk padat (lemak) yang biasanya berasal dari lemak hewan darat seperti lemak susu, lemak babi, lemak sapi (Winarno 1984).

### 2.5.1. Lemak Sapi

Lemak dalam jaringan hewan dominan terdapat dalam jaringan adipose dan tulang sumsum sedangkan otot, jaringan syaraf dan kelenjar mengandung lemak dalam jumlah relatif kecil dan lebih banyak mengandung lipid kompleks dan sterol. (Ketaren 1986).

Minyak yang diperoleh dari hasil ekstraksi lemak sapi dinamakan tallow. Tallow berwujud padat pada suhu kamar dan cair pada suhu 64°C. Tallow dapat diperoleh dengan cara memanaskan lemak sapi, kerbau, dan jenis hewan lainnya. Tallow diklasifikasikan oleh American Institute of Meat Packers (AIMP) berdasarkan:

- parameter warna
- titer (temperatur solidifikasi dari asam lemak)
- persen Free Fatty Acid (FFA) dan
- Moisture Insoluble and Unsaponifiable (MIU).

Kandungan FFA pada bahan baku mengindikasikan tingkat hidrolisis atau pemutusan rantai trigliserida. Jumlah FFA dari tallow berkisar antara 0,75 - 7,0 %. Titer point pada tallow umumnya di atas 40°C. Kandungan utama dari tallow yaitu asam oleat 40 - 45%, asam palmitat 24 - 37%, asam stearat 14 - 19%, asam miristat 2 - 8%, asam linoleat 3 - 4%, dan asam laurat 0,2% (Djajmiko 1973).



Tabel 2.2 Sifat Fisikokimia dari Lemak Hewani

Parameter	Lemak sapi	Lemak babi	Lemak ayam
Bobot jenis (g/mL)	0.8999	0.8940	0.8769
Indeks bias	1.460	1.462	1.461
Titik leleh	<b>43.5</b>	<b>36.0</b>	<b>34.5</b>
Bilangan Iod	<b>45.75</b>	<b>72.69</b>	<b>62.81</b>
Bilangan penyabunan	<b>237.57</b>	<b>257.70</b>	<b>259.77</b>

Sumber : (Hermanto *et al.*,2008)

Berdasarkan Tabel 2.2 di atas, perbedaan pada titik leleh disebabkan oleh komposisi asam lemaknya. Banyaknya asam lemak jenuh dan asam lemak berantai panjang akan memberikan kontribusi yang nyata bagi peningkatan titik leleh lemak secara keseluruhan (J.M.de Man 1999). Perbedaan nilai bilangan iod dan bilangan penyabunan, dimana komposisi asam lemak tidak jenuh pada masing masing akan berkontribusi pada peningkatan harga bilangan iodnya, sedangkan perbedaan komposisi asam lemak (rantai pendek, sedang dan panjang) akan sangat berpengaruh terhadap harga bilangan penyabunannya yang komposisinya dapat dilihat pada Tabel 2.3 (Paquot C 1999).

Tabel 2.3 Komposisi Asam Lemak Hewani

Asam Lemak	Persentase asam lemak (%)		
	Lemak Ayam	Lemak Sapi	Lemak Babi
Asam Kaprilat C8:0	td	td	0.01
Asam Kaprat C10:0	td	td	0.04
Asam Laurat C12:0	td	0.34	0.1
Asam Miristat C14:0	0.74	4.36	1.07
Asam Palmitoleat C16:1	7.01	1.40	1.78
Asam Palmitat C16:0	27.24	29.40	7.01
Asam Margarat C17:0	td	1.74	0.5
Asam Linoleat C18:2	16.36	1.17	24.94
Asam Oleat C18:1	38.35	20.53	40.74
Asam Stearat C18:0	5.56	31.26	13.95
Asam Arakidonat C20:4	0.87	td	0.43
Asam Eikosenat C20:1	0.41	td	td
Asam Arakat C20:0	td	0.33	0.3

Sumber : (Hermanto *et al.*,2008)

## 2.5.2. Lemak Babi

Lemak babi, seperti namanya, terdiri dari lemak berupa trigliserida. Trigliserida terdiri dari tiga asam lemak dan persebarannya berbeda pada masing-masing minyak. Umumnya, komposisi lemak babi dan lemak sapi tidak jauh berbeda. Lemak babi memiliki kandungan lemak jenuh sebanyak 38-43% dan lemak tak jenuh sebanyak 56-62%. Lemak jenuhnya terdiri dari asam palmitic sebanyak 25-28%, asam stearic sebanyak 11-13% dan asam myristic sebanyak 2%. Sedangkan lemak tak jenuhnya terbagi menjadi dua, yaitu lemak tak jenuh rantai tunggal (mono) yang terdiri dari asam oleic sebanyak 44-47% dan asam palmitoleic sebanyak 4%; dan lemak tak jenuh rantai banyak (poly) berupa asam linoleic sebanyak 6-11% seperti pada Table 2.4 yang merupakan kandungan komposisi asam lemak pada babi (Jaswir et al. 2003). Sifat lemak babi dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.4 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Babi

Asam lemak	jumlah	Ref
Myristic acid (C14:0)	1,30 ± 0,03	1,0-2,5
Palmitic acid (C16:0)	20,66 ± 0,24	20-30
Palmitoleic acid (C16:1)	1,98 ± 0,01	2,0-4,0
Heptadecanoic Acid (C17:0)	0,48 ± 0,02	<1,0
Stearic acid (C18:0)	10,91 ± 0,12	11-13
Oleic acid (C18:1)	39,13 ± 0,09	35-55
Linoleic acid (C18:2)	19,56 ± 0,04	4-12
Linoleic acid (C18:3)	1,21 ± 0,06	<1,5
Arachidic acid (C20:0)	0,91 ± 0,01	<1,0
Henicosanoic acid (C21:0)	0,50 ± 0,05	-
Behenic acid (C22:0)	0,26 ± 0,02	-
Eicosaenoic acid (C20:1)	0,96 ± 0,04	<1,5
Eicosapentaenoic acid	0,12 ± 0,00	-
Eicosahexaenoic acid	0,14 ± 0,01	-
Docosahexaenoic acid	0,20 ± 0,00	-

Sumber : (Rohman et al. 2012)

Tabel 2.5 Sifat Fisik Lemak Babi

Sifat Fisik	Deskripsi
Densitas	0,917
Titik Leleh	36 <sup>o</sup> -42 <sup>o</sup> C
Kelarutan	Tidak larut dalam air, sedikit larut dalam alcohol, larut dalam benzene, kloroform, eter, karbon disulfide, petroleum eter
Bilangan Saponifikasi	195-203

(Sumber : *International Journal of Toxicology*, 2001)





## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2016 – Juli 2016. Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biofisika dan Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya-Malang.

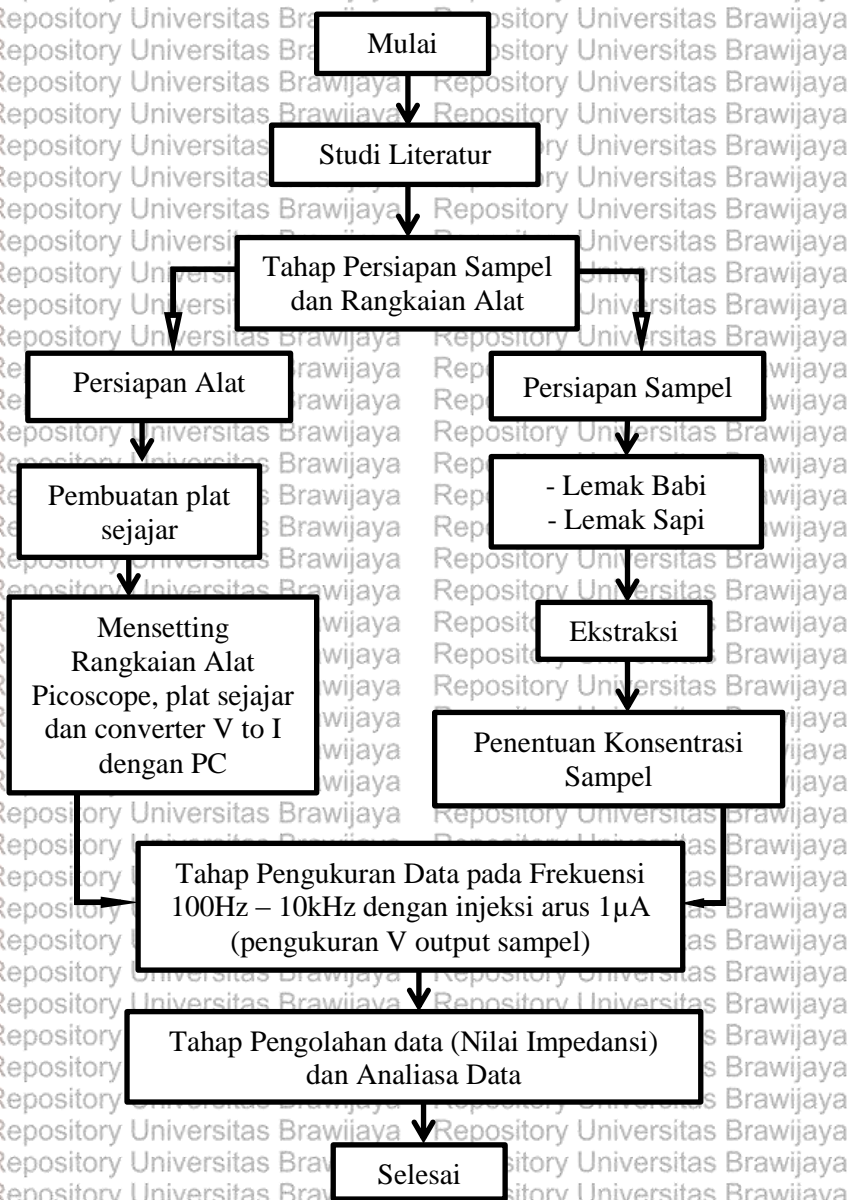
### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah satu set alat uji Picoscope tipe 5244B, komputer (PC), PCB tembaga, serta kabel penghubung (kabel koaksial), pemotong PCB, solder, timah, lem isolator, neraca ohaus, gelas beker, gelas ukur, mikro pipet, pipet, termometer digital, microwave tipe P NN-215 WF/MF, pengaduk, kain saring, pemanas dan magnetic stirer. Serta bahan yang digunakan adalah lemak sapi, lemak babi serta  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat.

### 3.3 Metode Penelitian

#### 3.2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini terdapat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



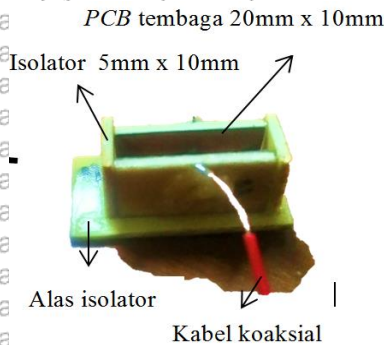
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2.2 Persiapan Alat

Pada penelitian ini tahap persiapan alat dibagi menjadi beberapa tahap yaitu:

#### a. Pembuatan Plat Sejajar

Plat kapasitor sejajar terbuat dari PCB tembaga yang dipotong menggunakan pemotong PCB dengan ukuran luasan plat  $20 \times 10 \text{ mm}^2$  dengan jarak antar platnya adalah sebesar 5 mm. Kedua sisi plat masing masing disambungkan dengan kabel penghubung koaksial dengan cara di solder pada bagian tengah plat yang berfungsi sebagai media penghubung antar plat sejajar dengan rangkaian alat injeksi arus (converter V to I). Plat dibentuk menyerupai balok tanpa tutup dengan cara di lem menggunakan lem isolator seperti pada Gambar 3.2. Kedua kabel dari kedua sisi plat disambungkan dengan konektor putih 3 pin agar kabel tersambung dengan mudah pada rangkaian pembangkit arus.



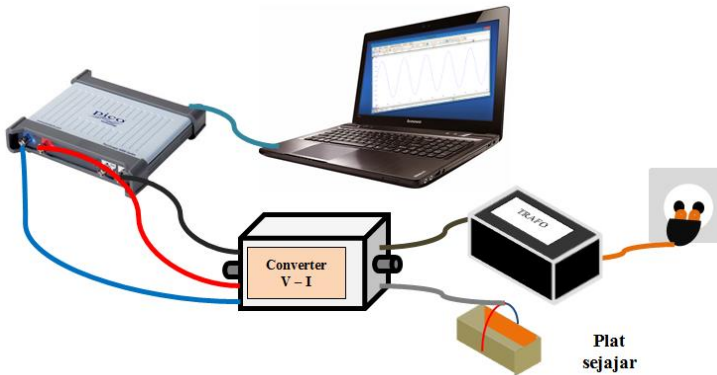
Gambar 3.2 Desain Plat kapasitor sejajar

#### b. Pengaturan Rangkaian Alat Penelitian

Sistem utama dalam eksperimen pengukuran impedansi listrik ini adalah PicoScope series 5000 dengan tipe 5422B yang terdiri dari 2 Channel. PicoScope ini dilengkapi AC signal generator atau pembangkit tegangan AC yang dapat beroperasi hingga frekuensi 20 MHz. Picoscope membangkitkan sumber tegangan

yang amplitudo serta frekuensinya dapat ditentukan dan disetting dalam program (software) bawaan yang dapat diinstal pada komputer (PC). Pembangkit tegangan pada Picoscope disetting untuk memberikan nilai tegangan (input) sebesar 1 Volt dengan rentang frekuensi alat (0,03 Hz – 20 MHz). Terdapat rangkaian V-I Converter yang merupakan pengubah tegangan menjadi arus yang akan diinjeksikan pada sampel yang diukur melalui plat sejajar.

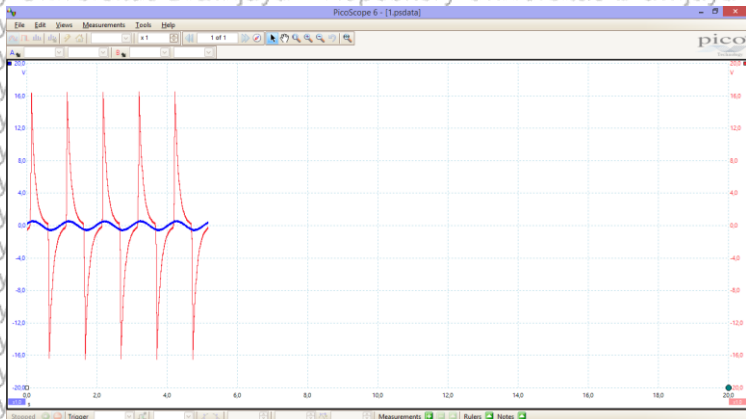
Nilai input merupakan tegangan yang diberikan oleh signal generator dari picoscope. Tegangan pada signal generator kemudian dibaca oleh Channel 1 PicoScope sebagai tegangan input rangkaian yang ditampilkan dalam bentuk gelombang sinusoidal. Nilai Output merupakan tegangan dari hasil pengukuran pada plat sejajar yang telah dikuatkan oleh penguat instrumentasi yang ada dalam converter V-I. Hasil tegangannya direcord oleh computer melalui Channel 2 PicoScope yang akan ditampilkan dalam bentuk gelombang sinusoidal. Arus yang diinjeksikan dapat di setting sesuai keperluan atau sesuai dengan karakteristik bahan dari sampel. Pada hasil pengukuran, tegangan diukur dengan range frekuensi 100 Hz – 10 kHz. Nilai injeksi arus adalah nilai tegangan Ch-1 yang dibagi dengan resistor referensi ( $R_s$ ).



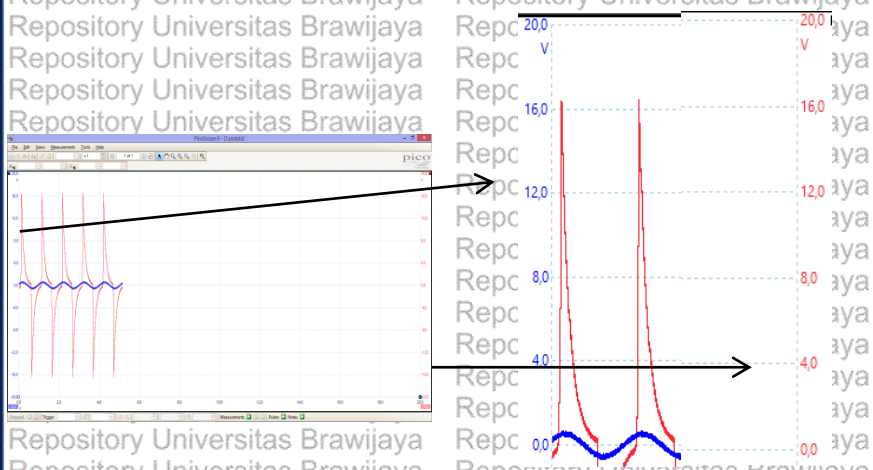
Gambar 3.3 Rangkaian Alat Percobaan

Pada Gambar 3.3. rangkaian percobaan, Ch-1 (biru) dan Ch-2 (merah), Signal generator (Gnd) pada Picoscope, serta transformator dihubungkan ke rangkaian converter V to I. Transformator dalam rangkaian dihubungkan ke arus PLN. Plat sejajar dihubungkan pada rangkaian converter V to I. Picoscope dihubungkan ke Komputer (PC) kemudian diinstall software Picoscope.

Rangkaian sistem pengukuran yang telah disambungkan pada komputer maka pada software PICO akan tampil seperti pada Gambar 3.4. Pengukuran yang akan dilakukan yaitu dengan mengubah frekuensi pada rentang 100Hz - 10kHz yang diatur pada komputer (PC) serta dengan menggunakan arus  $1\mu\text{A}$  yang diatur pada pembangkit arus AC (converter V-I). Pada tampilan software PICO terdapat gelombang berwarna biru dan merah. Gelombang berwarna biru merupakan pengukuran pada Ch-1 (input) dan gelombang berwarna merah merupakan pengukuran pada Ch-2 (output). Pada tampilan picoscope seperti pada Gambar 3.5 terdapat skala tegangan mulai 0 V sampai 20 V yang berada pada sisi kanan dan sisi kiri. Skala warna biru untuk pembacaan tegangan input dan skala warna merah untuk pembacaan tegangan output. Hasil pengukuran didapatkan nilai tegangan yang ditampilkan dalam bentuk gelombang sinusoidal.

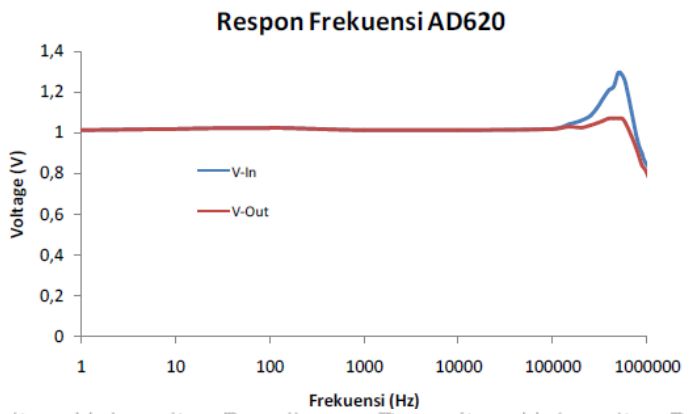


Gambar 3.4 Tampilan picoscope pada Komputer (PC)



Gambar 3.5 Skala Tegangan Pada Software PicoScope

Pada Rangkaian Converter V to I, Respon frekuensi pada sumber arus AC dimana untuk mengetahui sumber arus AC yang masuk pada rangkaian maka uji respon frekuensi yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya terhadap modul converter V to I yang digunakan, maka didapatkan respon alat seperti pada Gambar 3.6. Garis merah adalah respon tegangan keluaran dan garis biru adalah respon tegangan masukan. Tegangan keluaran sebanding dengan arus keluaran dimana melalui pembagian dengan R referensi yang digunakan.



Gambar 3.6 Grafik Respon Frekuensi AD620 pada Converter V to I.

Jadi pada gambar diatas menunjukkan tegangan outputnya dalam converter V to I. Pada frekuensi mulai 1 Hz hingga 1 MHz tegangan output menunjukkan nilai yang stabil maka dapat diartikan bahwa alat bekerja dengan baik pada respon frekuensi tersebut. Untuk nilai tegangan diatas 1 MHz alat menunjukkan respon yang tidak stabil (Sari 2016). Maka dalam pengambilan data dilakukan pada rentang 1 Hz hingga 10 kHz dimana injeksi arus yang diberikan tegangan input stabil yaitu sebesar 1 Volt.

### 3.2.3 Persiapan Sampel

Persiapan sampel dilakukan dengan dua tahapan yaitu tahap ekstraksi sampel dan tahap percampuran sampel. Tahap ekstraksi, pada dua sampel yaitu lemak babi dan lemak sapi dibersihkan dan dipotong potong. Kemudian dua sampel diekstraksi dari jaringan lemak dengan menggunakan *microwave* Panasonic NN-215WF/ME. Pemanasan dilakukan selama 20 menit dengan menggunakan power medium. Lemak yang leleh dikumpulkan dan ditambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat untuk menyerap air yang terkandung dalam lemak. Lemak yang telah ditambahkan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidrat, disaring dengan kain saring untuk memisahkan lemak jenuh dan lemak tak jenuhnya.

Tahap percampuran sampel yaitu lemak babi dan lemak sapi yang telah diekstraksi dicampur dengan persentase konsentrasi yang telah ditentukan. Campuran lemak disimpan dalam botol kaca dan diberi label. Cara membuat campuran lemak babi dan lemak sapi ini dilakukan dengan persentase campuran lemak sapi dan lemak babi seperti pada Tabel 3.1.



Tabel 3.1 Presentai konsentrasi campuran lemak babi pada lemak sapi

Nama Sampel	Persentase campuran (lemak sapi : lemak babi)	Lemak Sapi + Lemak Babi
Sampel 1	100%:0%	10 ml + 0 ml
Sampel 2	0%:100%	0 ml + 10 ml
Sampel 3	75%: 25%	7,5 ml + 2,5 ml
Sampel 4	80%: 20%	8 ml + 2 ml
Sampel 5	85%: 15%	8,5 ml + 1,5 ml
Sampel 6	90%: 10%	9 ml + 1 ml
Sampel 7	95%: 5%	9,5 ml + 0,5 ml
Sampel 8	95,5%: 4,5%	9,55 ml + 0,45 ml
Sampel 9	96%: 4%	9,6 ml + 0,4 ml
Sampel 10	96,5%: 3,5%	9,65 ml + 0,35 ml
Sampel 11	97%: 3%	9,7 ml + 0,3 ml
Sampel 12	97,5%: 2,5%	9,75 ml + 0,25 ml
Sampel 13	98%: 2%	9,8 ml + 0,2 ml
Sampel 14	98,5%: 1,5%	9,85 ml + 0,15 ml
Sampel 15	99%: 1%	9,9 ml + 0,1 ml
Sampel 16	99,5%: 0,5%	9,95 ml + 0,05 ml

Setelah dilakukan percampuran lemak kemudain dimasukkan dalam lemari pendingin. Pada pengukuran sampel, sampel yang membeku dipanaskan terlebih dahulu, kemudian keadaan lemak dalam fasa cair dicampur dan diaduk dengan *magnetic stirer* selama 30 detik agar tercampur secara homogen. Kemudian dilakukan pengukuran impedansi listrik ketika lemak dalam fasa padat sesuai dengan label sampel pada kelembapan dan suhu ruang.

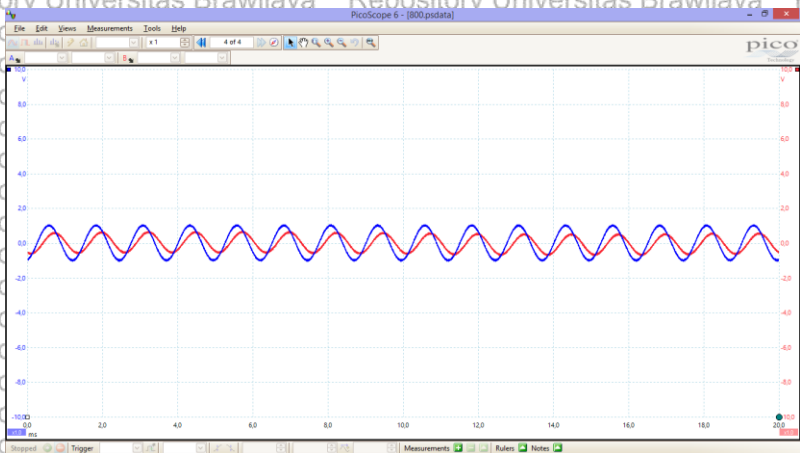
### 3.2.4 Pengukuran Sampel Lemak

Setiap sampel sesuai label dimasukkan kedalam plat sejajar dengan ukuran 20mm x 10mm x 5mm yang telah dihubungkan dengan rangkaian percobaan. Sampel campuran lemak yang akan diukur berada pada fase padat. Pengukuran yang akan dilakukan yaitu dengan



mengubah frekuensi pada rentang 100Hz – 10kHz yang diatur pada komputer (PC) dan dengan menggunakan injeksi arus sebesar 1μA yang diatur pada pembangkit arus AC (converter V-I). Pengukuran dilakukan dari frekuensi rendah hingga frekuensi tertinggi. Pengukuran sampel dilakukan pada kelembapan dan temperatur ruang.

Pada Gambar 3.6 merupakan tampilan hasil pengukuran sampel lemak yang terukur dan ditampilkan pada komputer dalam bentuk gelombang sinusoidal. Gelombang berwarna biru merupakan hasil pembacaan pengukuran pada Ch-1 (input) dan gelombang berwarna merah merupakan hasil pembacaan pengukuran pada Ch-2 (output sampel). Hasil pengukuran tegangan pada PicoScope kemudian di record dan disimpan.



Gambar 3.7 Tampilan Hasil Pengukuran Sampel Lemak Pada Picoscope.

### 3.2.5 Analisa Data

Hasil pengukuran berupa nilai tegangan dalam bentuk gelombang sinusoidal yang ditampilkan pada komputer (PC). Pengambilan data tegangan yaitu dengan melihat nilai tegangan total pada setiap frekuensi yaitu menggunakan persamaan 3.1.

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



$$V_{pp} = V_{atas} - V_{bawah} \quad (3.2)$$

Nilai impedansi listrik pada rangkaian seri arus aktif dihitung melalui rumus pada persamaan 3.3.

$$Z = \frac{V}{I} \quad (3.3)$$

- Dimana V = tegangan (V)
- I = injeksi arus (pembangkit arus AC) (A)
- Z = impedansi listrik ( $\Omega$ )

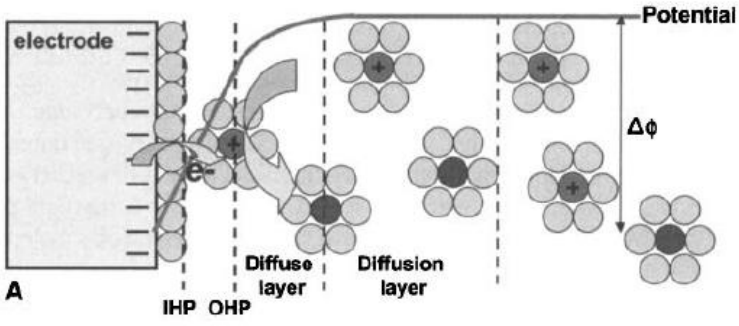
Analisa data yang dilakukan adalah dengan menggambarkan hubungan frekuensi dengan nilai impedansi listrik dan hubungan antara konsentrasi dari campuran lemak sapi dan lemak babi dengan nilai impedansi listrik. Nilai impedansi listrik diplotkan terhadap frekuensi, dan begitu juga untuk presentase campuran lemak babi pada lemak sapi dihitung penurunan tiap konsentrasi sampel campuran. Grafik yang diplotkan yaitu pada sumbu X adalah nilai frekuensi dan untuk sumbu Y adalah nilai impedansi listriknya. Sumbu X frekuensi adalah variabel bebas dari pengukuran dan nilai impedansi pada tiap konsentrasi campuran adalah variabel terikat terhadap frekuensi yang diberikan.



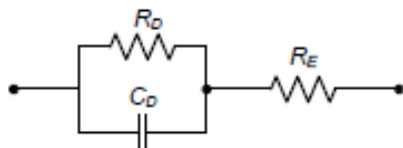
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Rangkaian Randles Pada Larutan

Dalam percobaan elektrokimia dasar, ada dua elektroda yang berada diantara suatu sampel (sampel elektrolit) dengan tegangan luar  $V$ . Sampel dibawah pengaruh medan listrik dan arus melewati suatu rangkaian (Lvovich 2015). Rangkaian listrik dimodelkan sebagai rangkaian randles sederhana dimana plat sejajar dalam metode dielektrik mewakili nilai resistansi dan kapasitansi double layer yaitu pada nilai  $R_D$  dan  $C_D$ . Molekul molekul sampel yang menempel dengan plat akan membentuk double layer, sehingga dapat dianalogikan sebagai rangkaian parallel (Nilai  $R_D$  dan  $C_D$ ) Nilai  $R_E$  adalah resistansi dari bahan. Pengukuran dimodelkan seperti pada Gambar 4.1. pada model randels larutan atau bahan dikombinasikan dengan resistansi ( $R$ ) dan kapasitansi ( $C$ ) secara seri ataupun parallel (Ando 2014).



(a)



**Randles Circuit  
(Simplified)**

(b)

Gambar 4.1 (a) Reaksi elektrokimia antarmuka dengan difusi pada komponen lapisan ganda (Lvovich 2015) (b) Rangkaian Listrik model Randles (Ando,2014).

Besarnya nilai impedansi total ( $Z_T$ ) yang terukur pada rangkaian diatas adalah jumlah impedansi paralelnya ( $Z_D$ ), impedansi double layer dengan impedansi bahan ( $Z_E$ ) yang dinyatakan pada persamaan 4.1 hingga 4.5 berikut:

$$Z_T = Z_D + Z_E \quad (4.1)$$

Dimana

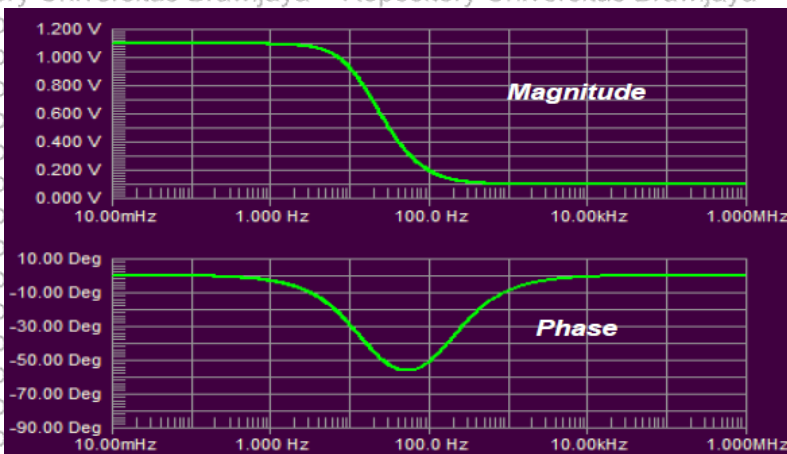
$$Z_D = R_D // X_{CD}, \quad x_{CD} = \frac{1}{j\omega C_D} \quad \omega = 2\pi f \quad (4.2)$$

$$\frac{1}{Z_D} = \frac{1}{R_D} + \frac{1}{X_{CD}} = \frac{1}{R_D} + j\omega C_D \quad (4.3)$$

$$Z_D = \frac{R_D}{(1+j\omega R_D C_D)} \quad (4.4)$$

$$Z_T = R_E + \frac{R_D}{(1+j\frac{\omega}{\omega_0})} \quad (4.5)$$

Pada rangkaian randles dapat disimulasikan dengan nilai  $R_D = 1$  k $\Omega$ ,  $C_D$  adalah sebesar  $= 10\mu\text{F}$ , dan  $R_E = 100\Omega$ , dengan injeksi arus sebesar 1mA. Maka hasilnya seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Simulasi Rangkaian Randle

Pada Gambar 4.2, nilai impedansi listrik maksimum berada pada range frekuensi rendah. Pada frekuensi tinggi nilai impedansinya rendah mendekati nilai nol. Pada penurunan nilai impedansi terjadi pada frekuensi 5 kHz – 10 kHz karena pada frekuensi ini komponen rektansi kapasitif berpengaruh pada nilai impedansi (Sari 2016).

#### 4.2. Nilai Impedansi Listrik Lemak Babi dan Lemak Sapi

Respon frekuensi terhadap nilai tegangan keluaran pada converter V to I untuk menginjeksikan arus, dalam metode ini baik dan stabil digunakan pada frekuensi 1 Hz hingga 1MHz. maka dalam pengukuran sampel ini digunakan frekuensi antara 100 Hz hingga 10 kHz. Pengukuran nilai impedansi listrik pada lemak dengan frekuensi tersebut tegangan input yang terukur adalah stabil dengan nilai 1 Volt.

Pada Gambar 4.3, menunjukkan nilai impedansi listrik pada sampel kontrol lemak babi dan lemak sapi tanpa adanya percampuran keduanya. Pada Pengukuran dilakukan pada frekuensi 1 Hz hingga 10 KHz. Namun pada frekuensi 1 Hz hingga 50 Hz tegangan yang ditampilkan dalam bentuk gelombang sinus mengalami Cut Off sehingga nilai impedansinya tidak dapat di ukur. Pengukuran nilai impedansi dimulai pada frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz karena pada



frekuensi tersebut gelombang sinus tidak mengalami Cut Off. Cut off disebabkan karena sampel lemak memiliki nilai impedansi yang tinggi sehingga dengan keterbatasan pembacaan alat nilai tegangan tidak dapat terukur. Nilai impedansi total pada lemak sapi dan lemak babi yang terukur didapatkan penurunan grafik secara logaritmik, ini dikarenakan nilai impedansi total lemak dipengaruhi oleh komponen resistansi dan kapasitansi dalam sistem plat sejajar sesuai dengan model randels yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya.

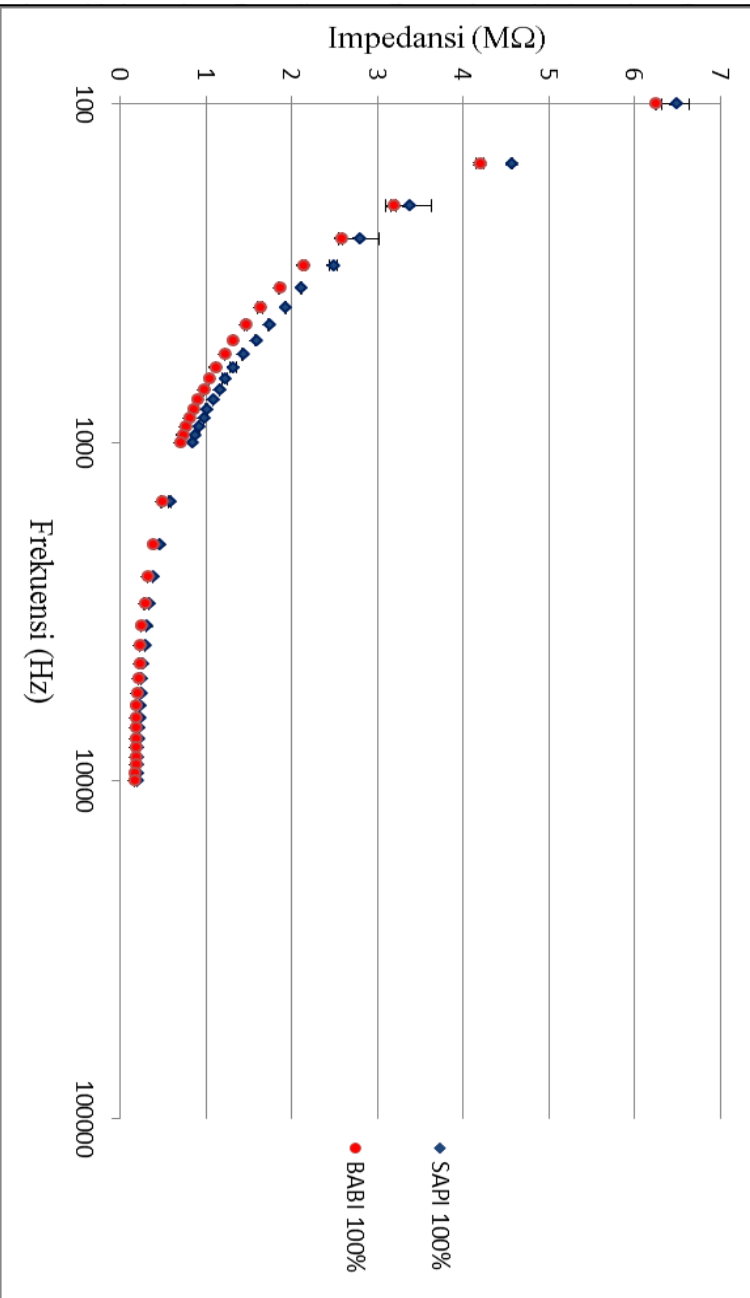
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada frekuensi sangat rendah lemak bertindak sebagai isolator yang memiliki perilaku seperti kapasitor karena pada frekuensi rendah nilai kapasitansi lemak adalah tak terhingga atau besar, jadi hampir tidak ada arus yang melewati kapasitor, dimana arus sebagian besar mengalir pada resistor. Pada frekuensi yang tinggi nilai kapasitansi lemak akan bernilai nol karena impedansi lemak dipengaruhi oleh sifat resistansinya, maka arus akan mengalir melewati kapasitor sehingga kapasitor bersifat konduktor. Jadi impedansi lemak pada frekuensi rendah akan dipengaruhi sifat kapasitansi karena nilainya turun secara logaritmik dan pada frekuensi tinggi impedansi lemak dipengaruhi sifat resistansi lemak dimana nilai impedansinya cenderung konstan.

Pada pengukuran impedansi lemak digunakan injeksi arus sebesar  $1\mu\text{A}$ , karena lemak cenderung memiliki nilai hambatan total yang sangat besar jadi pada pengukuran sampel lemak lebih efektif digunakan injeksi arus yang sangat kecil. Apabila menggunakan injeksi arus yang besar maka pada sampel lemak dalam frekuensi kurang dari 10 kHz tidak terukur impedansinya karena gelombangnya Cut Off akibat keterbatasan alat ukur yang digunakan. Ini disebabkan karena Pada metode Injeksi arus yang diberikan pada plat sejajar, semakin kecil arus yang di berikan pada rangkaian maka, nilai tegangan pada rangkaian juga akan kecil / rendah sesuai hukum ohm. Untuk sampel lemak respon tegangan input yang diberikan stabil pada frekuensi tersebut sesuai pengukuran AD620 yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka dari itu pengukuran dilakukan pada range tersebut karena tegangan masukkan yang terukur stabil sebesar 1 Volt.

Lemak cenderung memiliki nilai hambatan total/impedansi yang nilainya sangat besar, jadi bila digunakan injeksi arus yang kecil maka nilai tegangannya juga akan menurun. Nilai tegangan akan

menurun dan lebih mudah untuk diamati apabila arus yang diberikan pada rangkaian nilainya lebih rendah dari hambatan total suatu bahan. Sehingga pada rangkaian dan metode ini nilai tegangan dapat terukur dalam range picoscope. Pada rangkaian bila menggunakan injeksi arus yang besar maka dengan nilai impedansi lemak yang besar, akan menghasilkan tegangan yang nilainya besar sesuai hukum ohm dan nilai tegangan berbanding lurus dengan arus. Karena nilai tegangan yang besar ini gelombang sinusoidal yang terukur akan menjadi cut off karena pada metode ini alat ukurnya hanya mampu mengukur hingga skala nilai tegangan sebesar 20 Volt.

Nilai impedansi total lemak sapi dan lemak babi pada Gambar 4.3 menunjukkan perbedaan nilai impedansi dimulai pada range frekuensi 100 Hz, namun untuk frekuensi lebih dari 10 kHz nilai impedansi lemak sapi dan lemak babi menunjukkan nilai yang berhimpit dan cenderung turun mendekati nol ini dikarenakan kemampuan atau respon frekuensi alat yang digunakan pada sampel lemak tidak bekerja dengan baik untuk frekuensi itu. Pada frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz terlihat perbedaan nilai impedansi listriknya, maka untuk sampel lemak dengan metode ini dapat diamati pada frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz. Metode ini apabila diberi injeksi arus yang rendah sampel lemak bersifat sebagai bahan dielektrik. Pada frekuensi 100 Hz hingga 1000 Hz yang berpengaruh adalah sifat kapasitansi bahan. Pada frekuensi diatas 1000 Hz impedansi total dipengaruhi oleh sifat resistansi bahan/lemak.



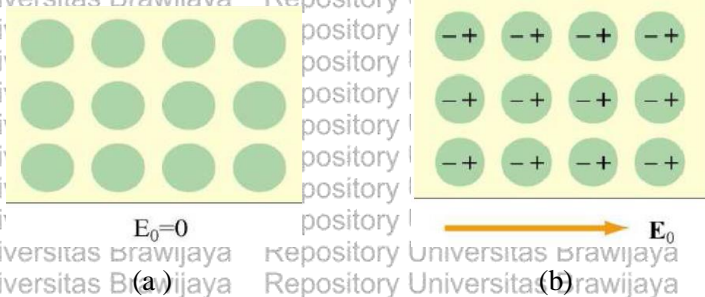
Gambar 4.3 Grafik Nilai Impedansi Total pada Lemak Sapi dan Lemak Babi





Sampel lemak yang disisipkan pada plat sejajar bersifat sebagai bahan dielektrik yang dapat memperlemah medan listrik. Lemak memiliki molekul molekul yang bersifat non polar. Pada molekul dielektrik dengan sifat non polar bila terdapat pengaruh medan listrik luar maka molekul molekul dielektrik akan menginduksi momen momen dipol yang searah dengan arah medan. Dielektrik dapat memperlemah medan listrik awal karena momen dipol yang searah dengan medan listrik atau terpolarisasi oleh medan ini menghasilkan medan listrik tambahan yang arahnya berlawanan dengan medan awal (Tipler 2001).

Pada molekul non polar atom atom didalamnya adalah acak sedangkan untuk molekul polar atom atomnya sudah membentuk dipol dipol listrik permanen. Lemak sapi dan lemak babi memiliki molekul yang non polar (aprotik). Molekul non polar pada suatu larutan memiliki sebuah dipol bila molekul itu ditempatkan dalam sebuah medan listrik karena medan itu mendorong muatan positif dalam molekul dalam arah medan listrik dan mendorong muatan negatif kearah yang berlawanan dengan medan listrik. Hal ini menyebabkan pendistribusian kembali muatan didalam molekul itu. Dipol dipol ini dinamakan dipol terinduksi tau terpolarisasi. Seperti pada Gambar 4.4 molekul molekul nonpolar mempunyai pusat pusat muatan positif dan pusat pusat muatan negatif di titik yang sama, sehingga pada saat diberikan medan listrik luar maka pusat pusat ini menjadi terpisah (Young 2004).



Gambar 4.4 Molekul molekul Nonpolar (a) dan Molekul Nonpolar yang Terpolarisasi oleh Medan Magnet Luar (b).



Nilai impedansi lemak sapi pada frekuensi 100 Hz – 10 kHz nilainya sebesar (6,479 – 0,192 M $\Omega$ ) dan nilai impedansi untuk lemak babi pada frekuensi tersebut sebesar (6,247 - 0,168 M $\Omega$ ). Perbedaan (selisih) impedansi lemak babi murni terhadap impedansi lemak sapi murni adalah rata-rata sebesar 13,2%. Sifat listrik bahan pangan dipengaruhi suhu, komposisi, dan frekuensi yang diberikan. Jenis – jenis asam lemak yaitu asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap karbon karbonnya disebut asam lemak tidak jenuh, serta asam lemak yang tidak ada ikatan rangkap disebut asam lemak jenuh. Kandungan asam lemak dari lemak sapi dan lemak babi dapat dilihat pada Table 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi Asam Lemak pada Lemak Sapi dan Lemak Babi

Asam Lemak	Lemak Sapi	Lemak Babi
10:0	-	0,1
12:0	0,9	0,2
14:0	3,9	1,4
16:0	26,0	24,9
16:1	4,4	2,8
18:0	19,8	14,1
18:1	27,7	43,1
18:2	3,2	10,7
18:3	0,1	1,0
Jenuh	<b>50,6</b>	40,7
Tak Jenuh Tunggal	43,7	<b>47,2</b>
Tak Jenuh Poli/ Jamak	4,2	<b>11,7</b>

Sumber : (Rhee, K.C., 2000)

Nilai impedansi pada lemak dipengaruhi oleh komposisi asam lemak tidak jenuh, terutama pada C18:1 (asam oleat) dan C18:2 (asam linoleat). Pada table 4.1 kandungan komposisi asam lemak oleat dan asam lemak linoleat pada lemak babi lebih besar dari lemak sapi. Pada frekuensi tertentu asam lemak tidak jenuh lebih mendominasi sehingga energi aktivasinya mudah digunakan untuk gerakan elektron



dari satu posisi ke posisi lain dan nilai polaritasnya lebih tinggi (Sucipto 2013).

Lemak tidak jenuh pada babi lebih besar dari pada lemak sapi sehingga nilai polaritanya menjadi lebih tinggi. Nilai polaritas yang tinggi menyebabkan nilai impedansinya semakin kecil. Jadi pada lemak babi impedansinya lebih kecil dibandingkan dengan impedansi pada lemak sapi. Lemak sapi memiliki asam lemak jenuh yang lebih tinggi dari pada lemak babi sehingga energi aktivasi untuk gerakan elektronnya terbatas.

### **4.3 Nilai Impedansi Listrik Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi Berbagai Konsentrasi**

Pengukuran nilai impedansi listrik campuran lemak babi yang terdapat pada lemak sapi dilakukan dengan menggunakan injeksi arus sebesar  $1\mu\text{A}$  pada rentang frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz, karena dengan metode ini lemak dapat diamati pada range frekuensi tersebut dan begitu juga dengan arus yang diberikan. Konsentrasi campuran lemak babi yang digunakan yaitu sebesar 25%, 20%, 15%, 10%, 5%, 4,5%, 4%, 3,5%, 3%, 2,5%, 2%, 1,5%, 1%, serta 0,5%.

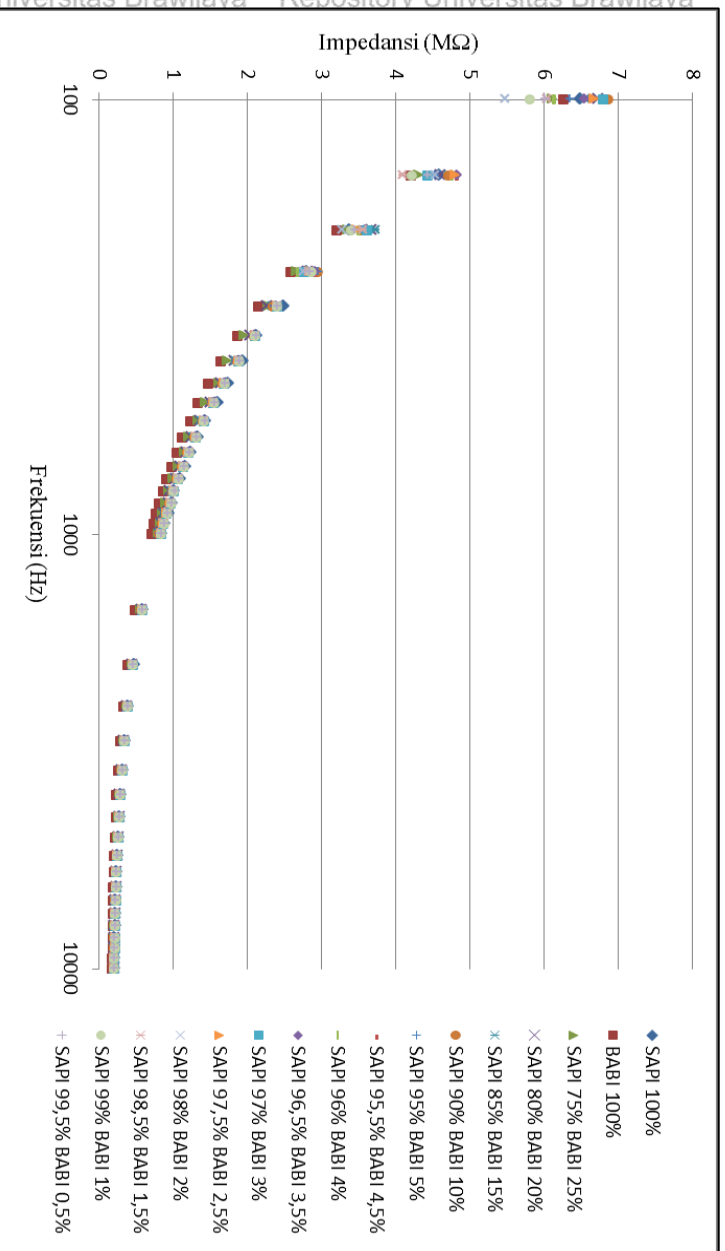
Pada konsentrasi campuran lemak babi dengan presentase campuran diatas 5%, dan campuran dibawah 5%, pada frekuensi 100 Hz hingga 250 Hz dan pada frekuensi lebih dari 1,5 kHz nilai impedansi pada campuran kedua sampel bernilai acak karena pada frekuensi rendah, polarisasi dari suatu bahan dielektrik berubah ubah sesuai dengan frekuensi yang diberikan. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka sifat bahan dipengaruhi oleh komponen resistansinya sehingga nilai impedansinya menurun mendekati nol. Hal ini dipengaruhi oleh adanya penyearahan momen dipol yang mengarah ke kutub positif dan kutub negatif pada plat sejajar sehingga pada frekuensi tinggi transmisi energi tidak banyak diberikan, sehingga nilai impedansinya semakin berhimpit yang disebabkan pula oleh komposisi campuran bahan yang berubah. Nilai impedansi pada kedua campuran lemak mulai stabil atau dapat dilihat perbedaannya pada frekuensi 300 Hz hingga 1,5 kHz.



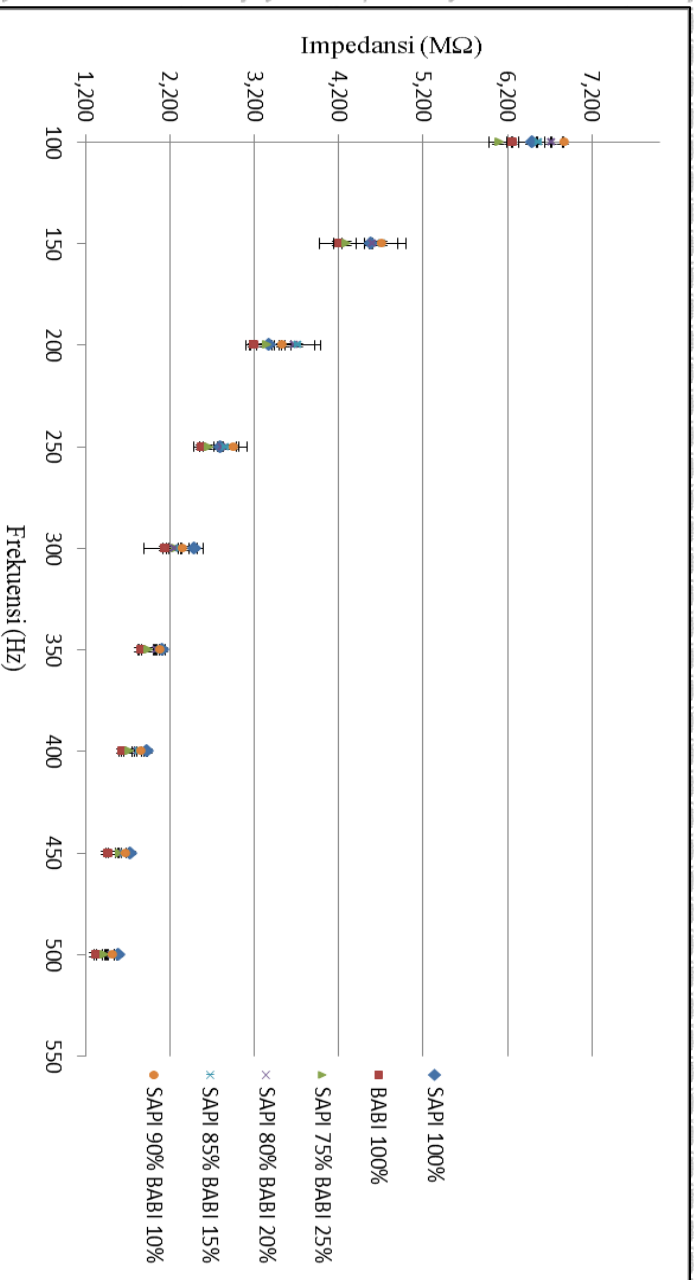
Nilai impedansi campuran lemak babi pada lemak sapi dengan berbagai konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 4.5. pada frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz. Pada grafik tersebut terjadi penumpukan pada frekuensi 100 Hz hingga 1500 Hz. Maka untuk melihat perbedaannya grafik akan diplot dengan frekuensi tertentu agar dapat terlihat nilai perbedaan sampel campuran dengan berbagai konsentrasi. Plot grafik dipotong semuanya pada frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz karena pada frekuensi ini dapat terlihat nilai perbedaan impedansinya. Pada konsentrasi campuran lemak babi dibagi menjadi 3 kelompok campuran konsentrasi agar dapat terlihat nilai perbedaannya, yaitu lemak babi konsentrasi diatas 5%, konsentrasi 5% - 3%, dan konsentrasi dibawah 3%. Plot grafik seperti pada gambar di bawah ini.

Untuk konsentrasi campuran lemak babi dengan presentase campuran diatas 5%, pada frekuensi 100 Hz hingga 250 Hz dan pada frekuensi lebih dari 4 kHz impedansi pada campuran kedua sampel bernilai acak dan nilainya saling berhimpit. Nilai impedansi pada campuran dipengaruhi oleh kecepatan aliran arus yang melalui bahan, dimana bahan ini dipengaruhi oleh komposisinya. Untuk konsentrasi campuran lemak babi dengan presentase campuran dibawah 5% - 3%, dan konsentrasi dibawah 3% pada frekuensi 100 Hz hingga 250 Hz dan pada frekuensi lebih dari 1,5 kHz impedansi pada campuran kedua sampel bernilai acak dan nilainya saling berhimpit dan cenderung bernilai konstan, sehingga pengukuran pada sampel campuran lemak babi berbagai konsentrasi stabil perbedaannya pada range frekuensi 300 Hz hingga 4000 Hz untuk konsentrasi campuran diatas 5% dan frekuensi stabil 300 Hz hingga 1,5 kHz untuk konsentrasi campuran dibawah 5%.

Pada gambar grafik dibawah ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai konsentrasi campuran lemak babi yang diberikan pada lemak sapi maka semakin turun/kecil nilai dari impedansi listriknya.

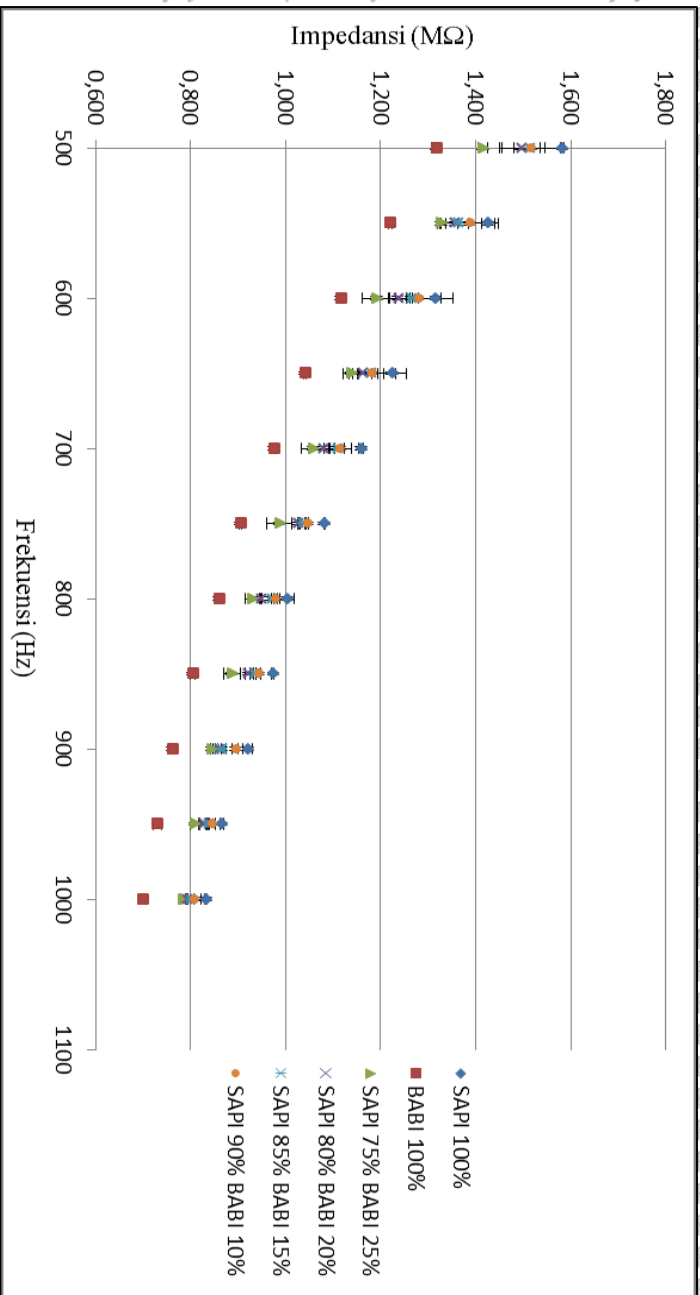


Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan berbagai konsentrasi campuran

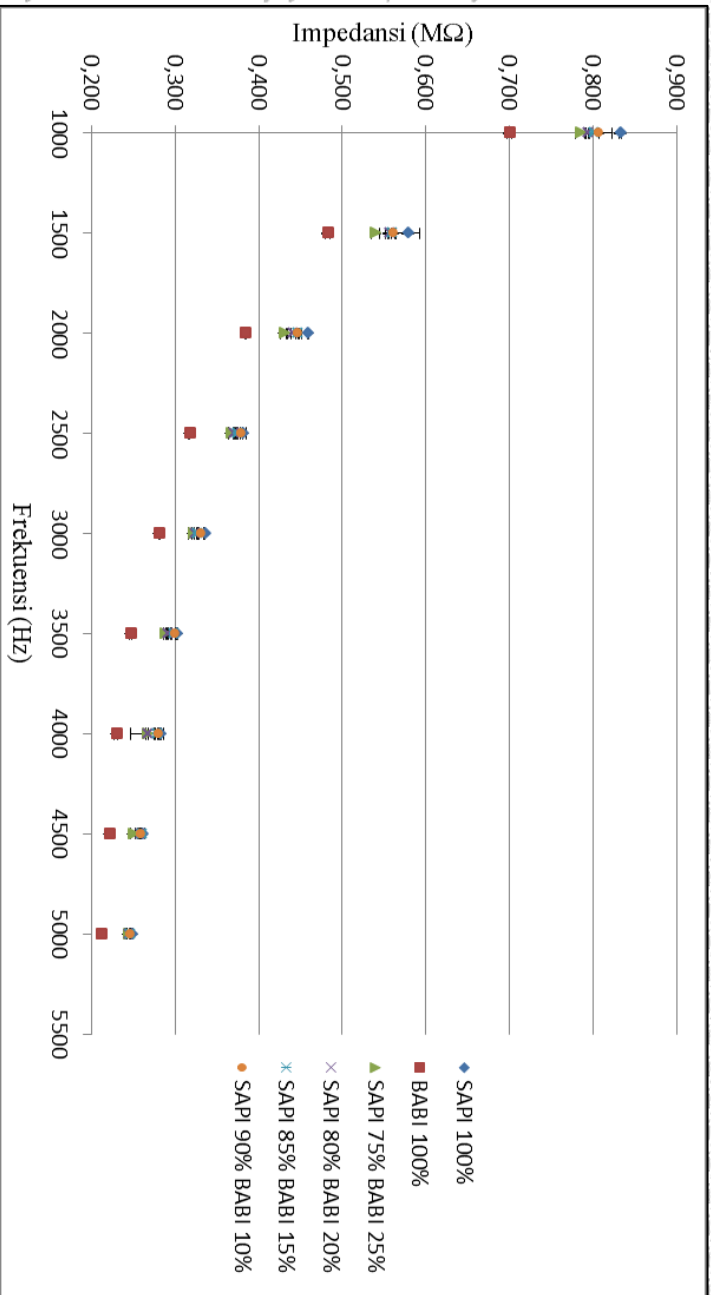


Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 5% dengan rentang frekuensi 100 Hz – 500 Hz

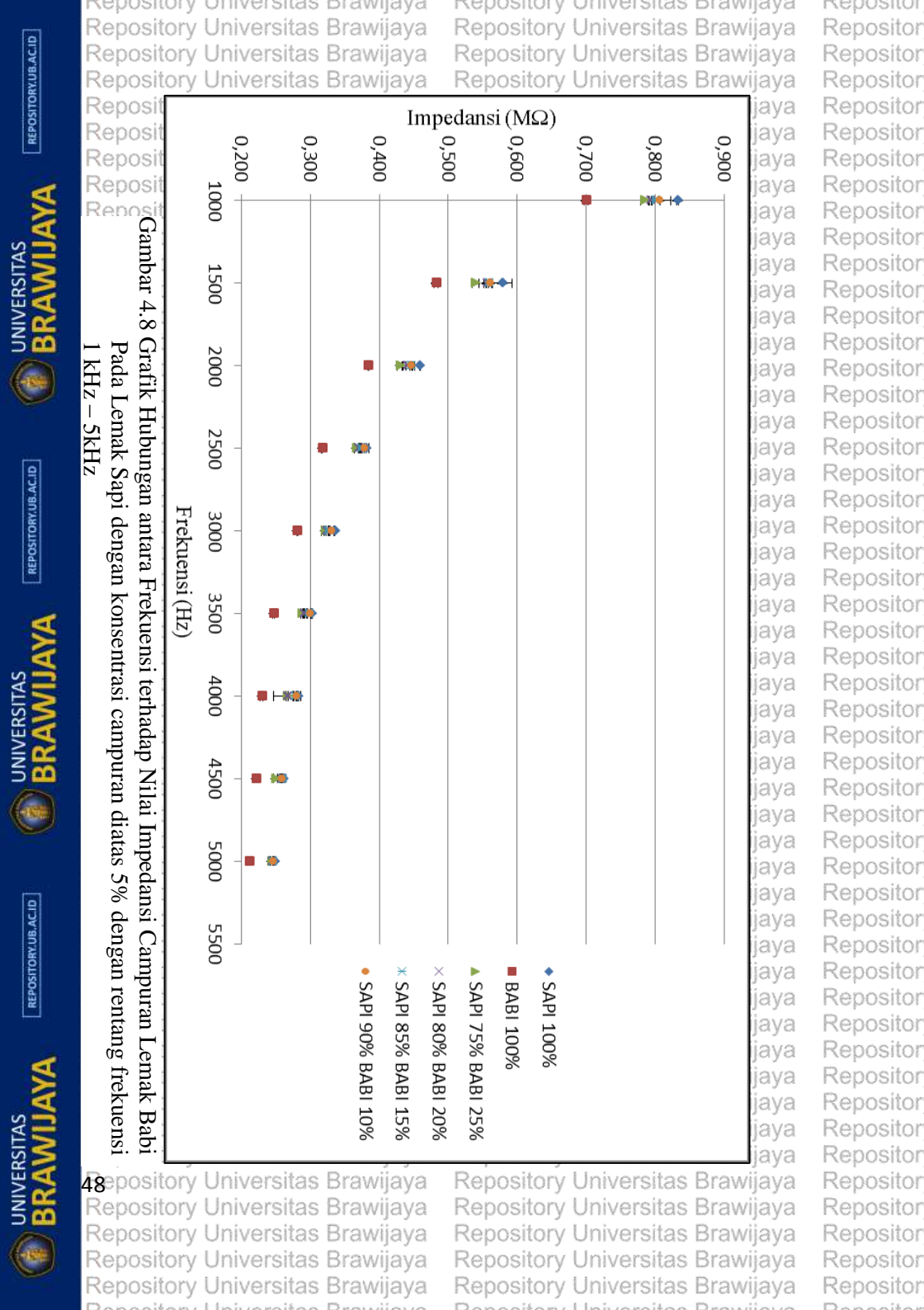




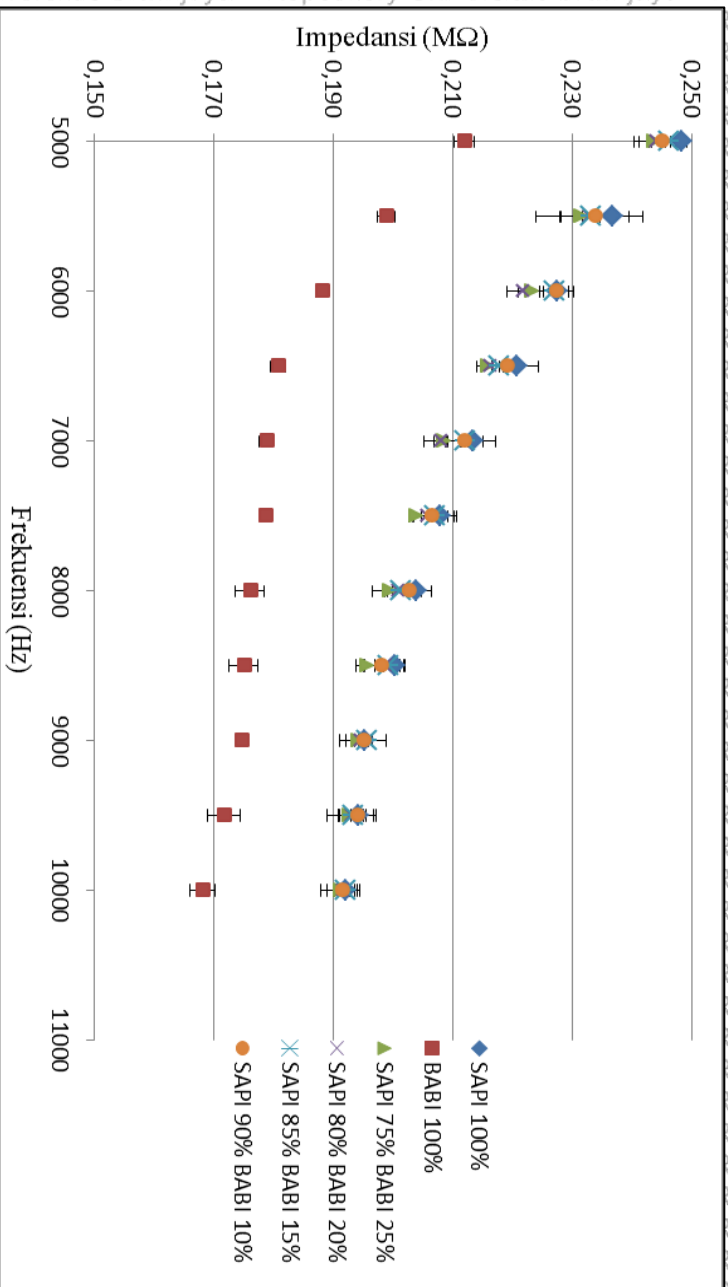
Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 5% dengan rentang frekuensi 500 Hz – 1kHz



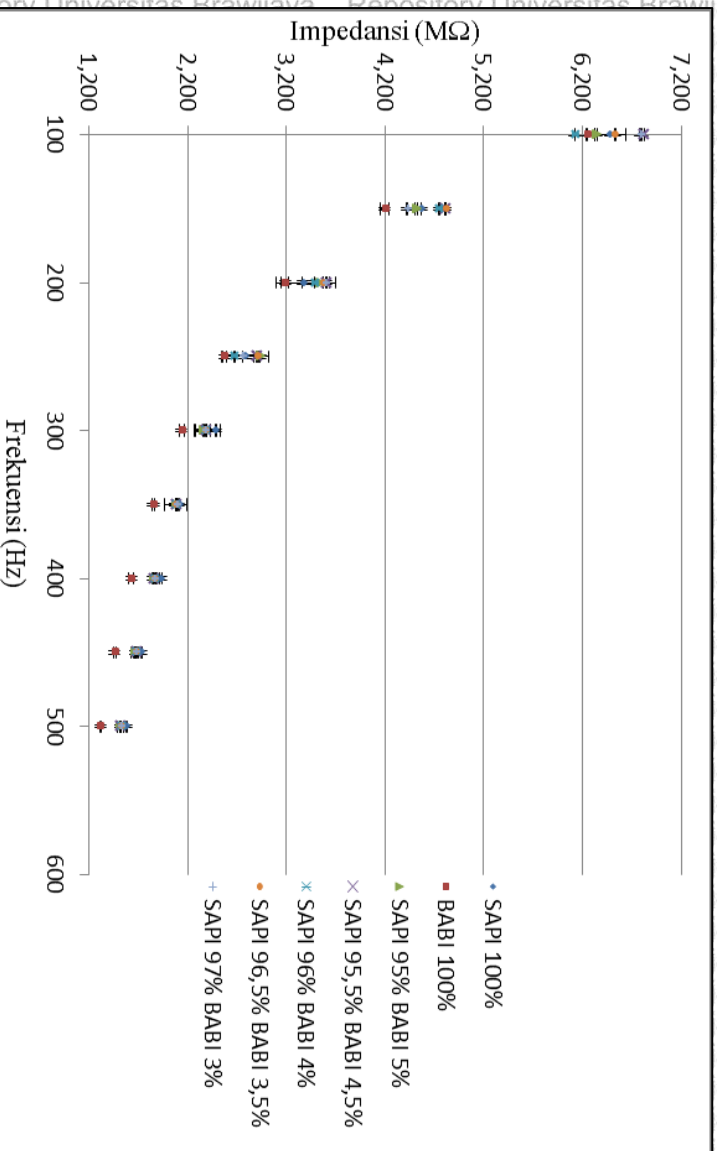
Gambar 4.8 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 5% dengan rentang frekuensi 1 KHz – 5KHz



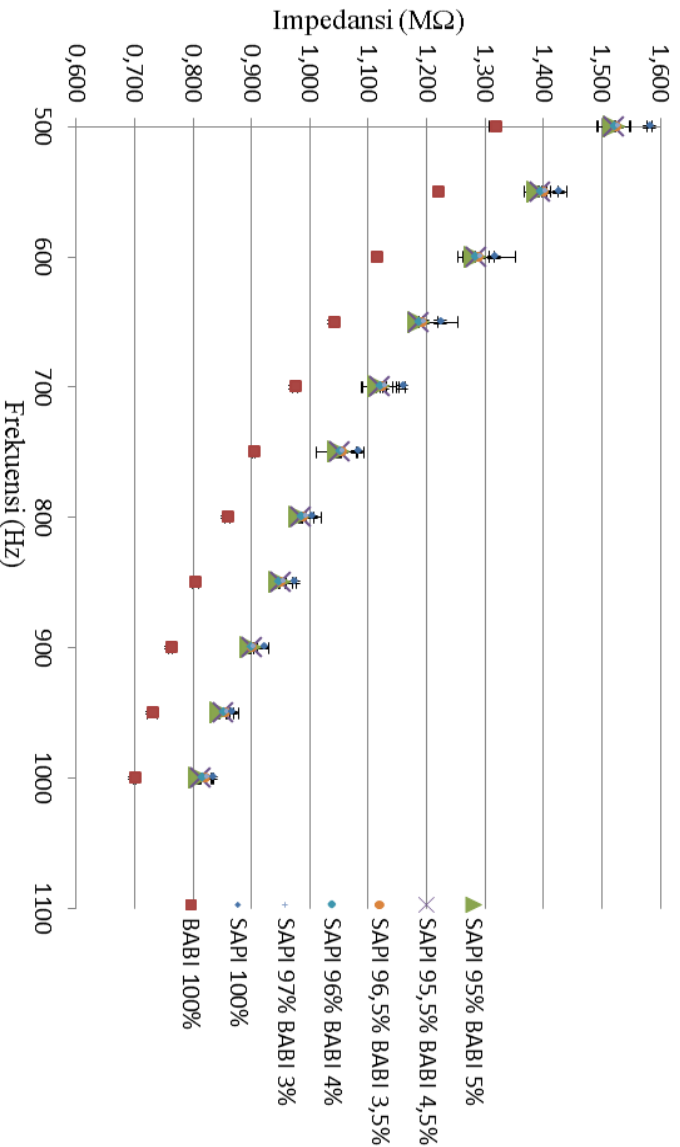




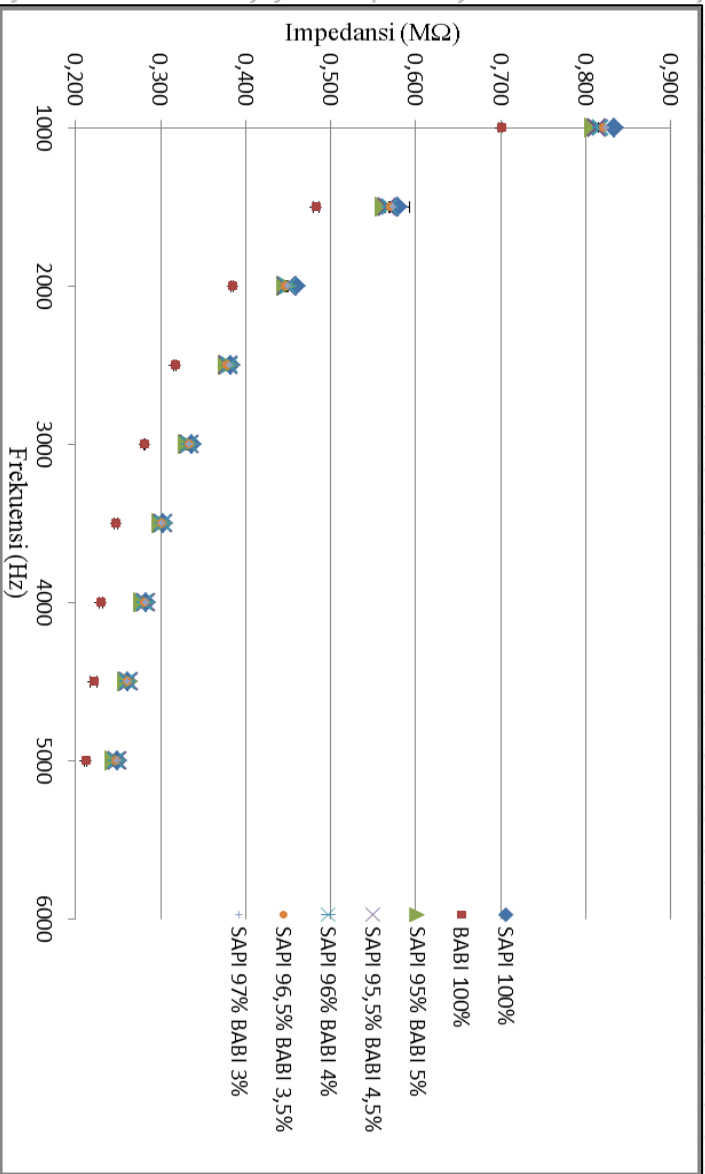
Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran diatas 5% dengan rentang frekuensi 5 KHz – 10 KHz



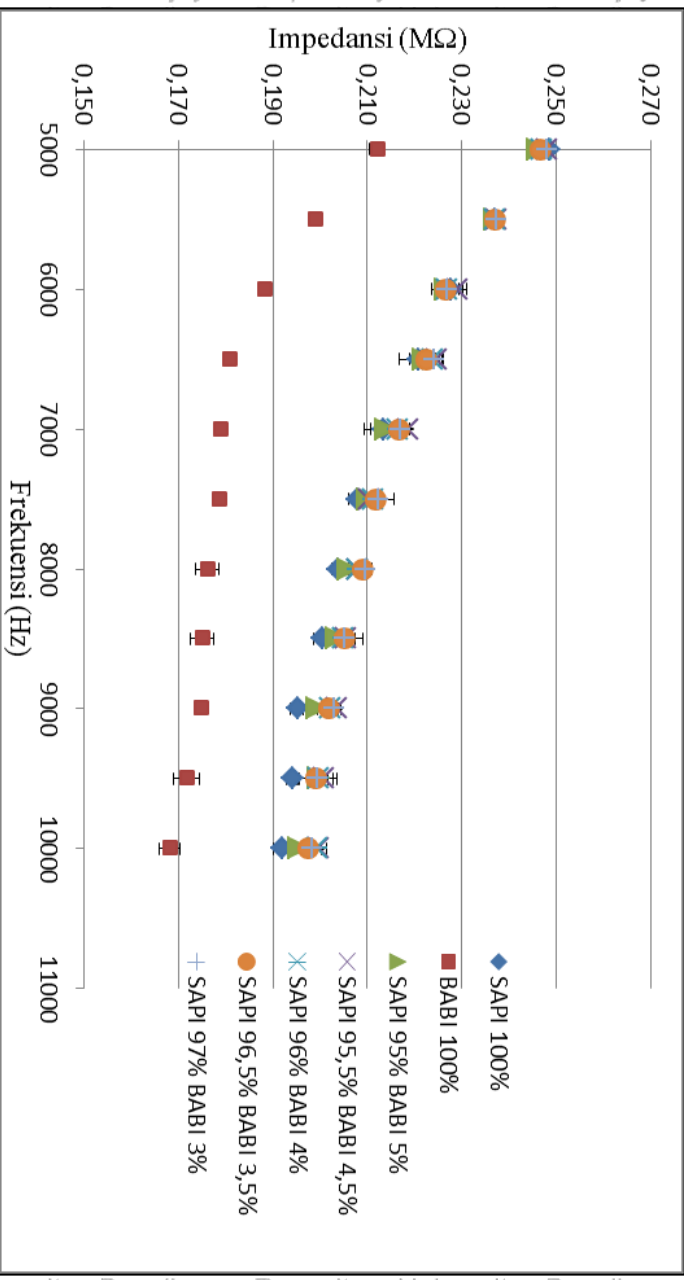
Gambar 4.10 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 100 Hz – 500 Hz



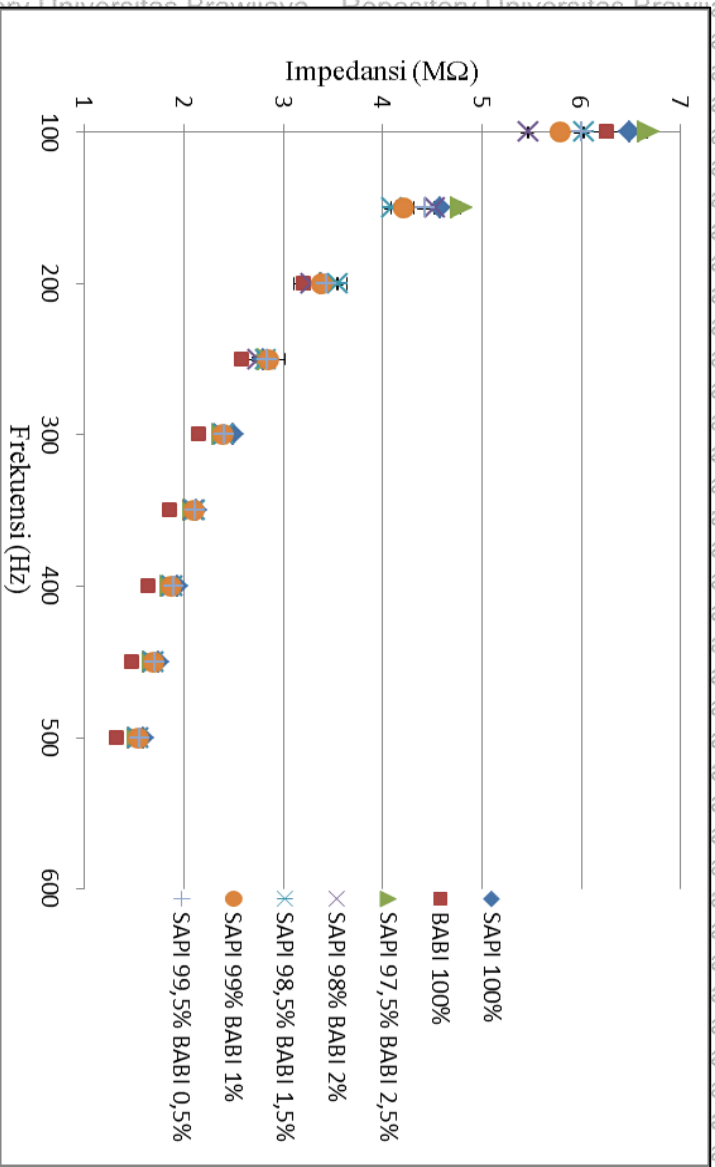
Gambar 4.11 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 500 Hz – 1000 Hz



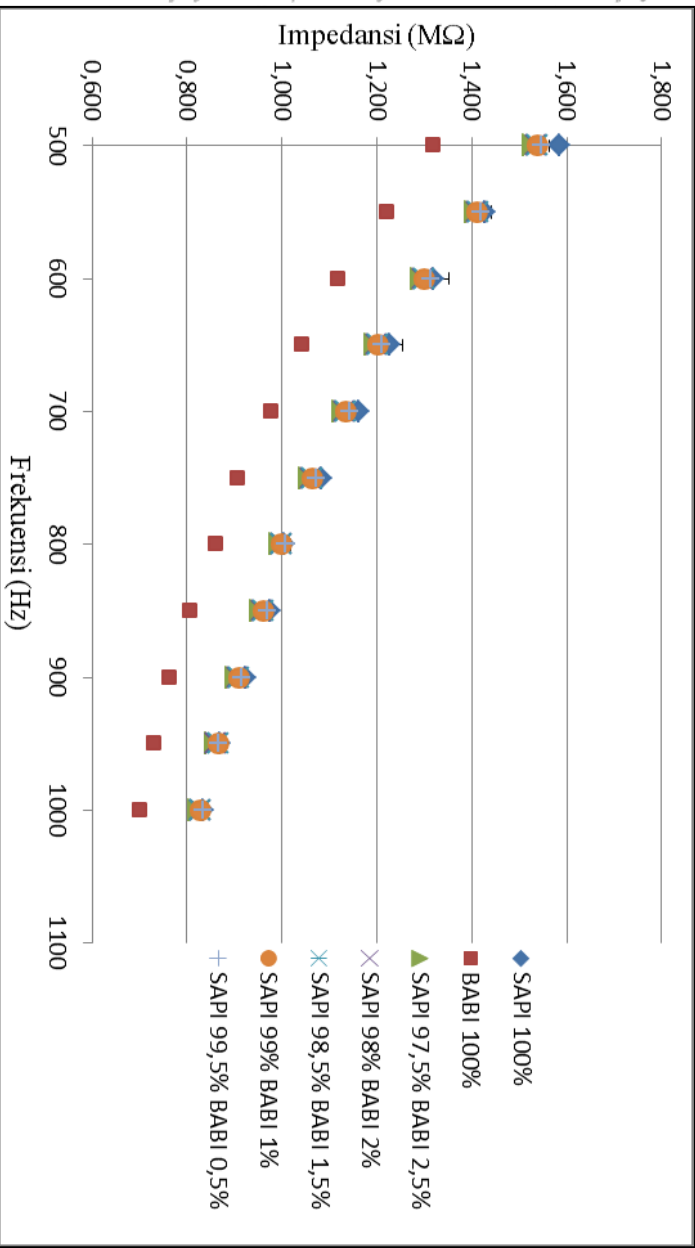
Gambar 4.12 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 1000 Hz – 5 KHz



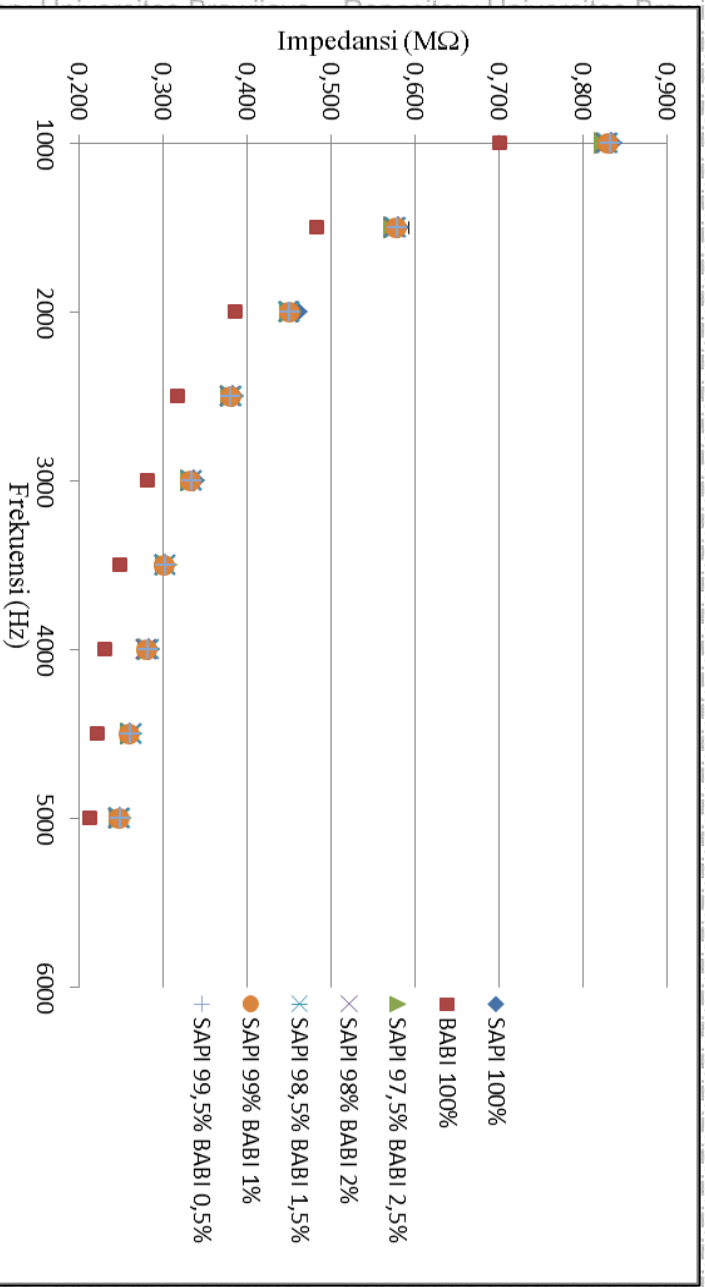
Gambar 4.13 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran 5% - 3% dengan rentang frekuensi 5 kHz – 10 kHz



Gambar 4.14 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 100 Hz – 500 Hz



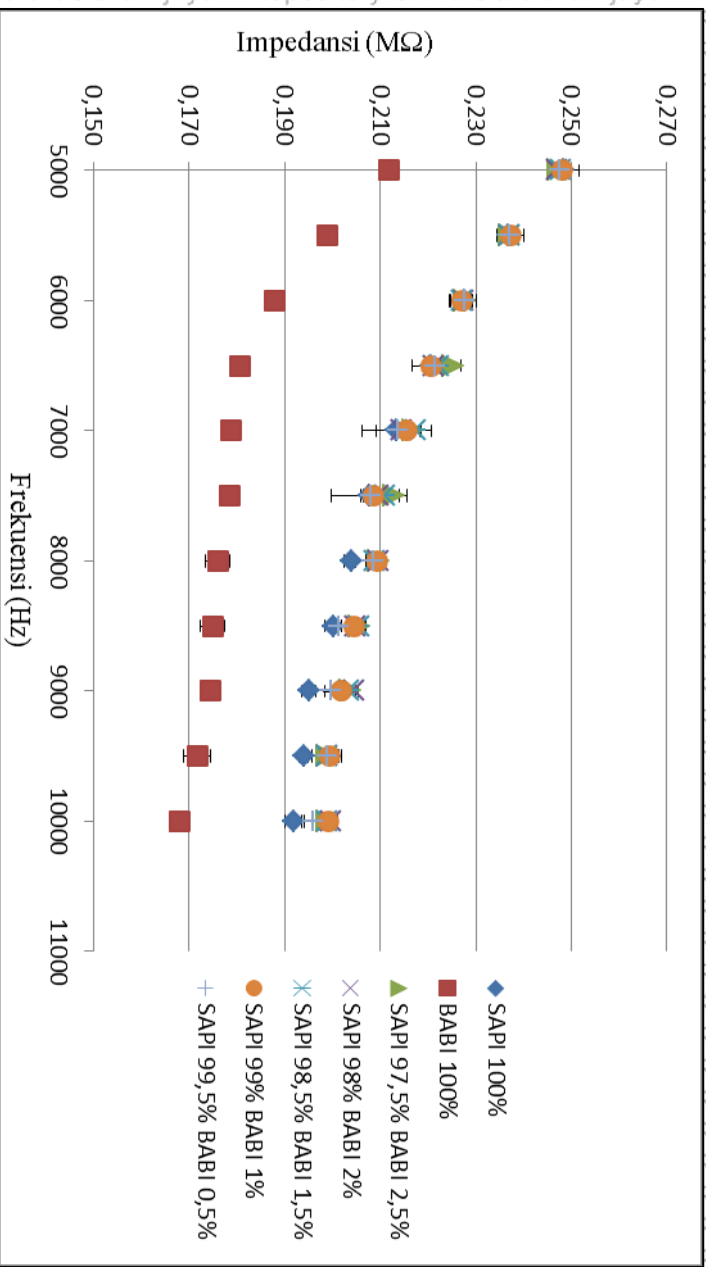
Gambar 4.15 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 500 Hz – 1000 KHz



Gambar 4.16 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 1000 Hz – 5000 Hz







Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara Frekuensi terhadap Nilai Impedansi Campuran Lemak Babi Pada Lemak Sapi dengan konsentrasi campuran dibawah 3% dengan rentang frekuensi 5 KHz – 10 KHz





Pada gambar 4.6 hingga gambar 4.9 merupakan grafik nilai impedansi campuran lemak babi pada lemak sapi dengan konsentrasi campurannya diatas 5%. Pada gambar 4.10 hingga 4.13 merupakan grafik nilai impedansi campuran lemak babi pada lemak sapi dengan konsentrasi campurannya antara 5% - 3%. Pada gambar 4.14 sampai gambar 4.17 merupakan grafik nilai impedansi dengan konsentrasi campuran dibawah 3%. Plot diperbesar agar nilai perbedaan pada lemak dapat terlihat.

Pada semua grafik nilai impedansi turun secara logaritmik, ini dikarenakan nilai impedansi total campuran lemak babi pada lemak sapi dipengaruhi oleh komponen resistansi dan kapasitansi plat sejajar yang sesuai dalam model Randles. Jadi campuran lemak pada frekuensi rendah memiliki nilai kapasitansi semakin tinggi karena dalam kapasitor (beban) tidak ada arus yang mengalir, arus akan mengalir pada resistor. Sebaliknya bila frekuensi tinggi arus melewati kapasitor (beban) dan kapasitansi akan bernilai sangat kecil dan nol, sehingga nilai impedansi yang terukur pada frekuensi tinggi dipengaruhi oleh resistansi campuran lemak, sehingga pada frekuensi diatas 4000 Hz untuk konsentrasi campuran diatas 5% dan frekuensi diatas 1500 untuk konsentrasi dibawah 5%, pengaruh kapasitor dalam plat sejajar cenderung tidak ada sehingga nilai impedansi yang terukur dipengaruhi oleh resistansi sampel bahan atau sampel campuran lemak, sehingga nilainya cenderung konstan. Pada sampel campuran lemak dengan berbagai konsentrasi diatas 5% untuk frekuensi 100 Hz hingga 4000 Hz dan konsentrasi dibawah 5% untuk frekuensi 100 Hz hingga 1500 Hz menunjukkan terdapat komponen kapasitansi.

Pada pengukuran impedansi campuran lemak babi dengan berbagai konsentrasi diberi injeksi arus 1  $\mu$ A. Pada sampel campuran lemak dengan metode ini nilai impedansi dapat terukur pada frekuensi 100 Hz hingga 10 kHz dengan tegangan masukkan pada frekuensi ini tabil pada nilai 1 Volt. Karena telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya jika lemak memiliki nilai impedansi yang besar sehingga pada frekuensi dibawah 100 Hz nilai impedansi tidak dapat terukur karena nilai nya cut off dalam pengukuran dimana ini merupakan keterbatasan alat. Arus yang digunakan untuk sampel lemak dengan metode ini konstan sebesar 1  $\mu$ A, jika digunakan arus yang besar maka nilai tegangan yang dihasilkan semakin besar pula sesuai pada

teori hukum ohm dan pada alat tidak bisa terukur karena gelombang yang dihasilkan Cut off. Pada alat yang digunakan, injeksi arus yang diberikan pada plat sejajar adalah  $1 \mu\text{A}$ , arus yang diberikan sangat kecil, sehingga dengan arus tersebut baik digunakan untuk frekuensi yang rendah, dikarenakan lemak memiliki nilai impedansi yang sangat besar, apabila di beri arus yang kecil maka nilainya dapat terlihat pada frekuensi sangat rendah. Semakin tinggi nilai impedansi suatu bahan dielektrik maka injeksi yang diberikan juga harus lebih kecil agar perbedaan nilai impedansi dapat terlihat pada frekuensi sangat rendah. Sebaliknya semakin besar injeksi arus yang diberikan maka nilai impedansi dari sebuah bahan dielektrik dapat diamati pada frekuensi tinggi. Pada campuran lemak babi nilai impedansinya sangat besar, bila diberi injeksi arus yang besar lebih dari  $1 \mu\text{A}$  maka perbedaan dapat terlihat pada frekuensi lebih dari 1000 Hz, tetapi pada frekuensi lebih dari 8 kHz nilainya berhimpit dan acak sehingga nilai impedansi campuran lemak tidak stabil

Pada pengukuran campuran lemak babi pada lemak sapi, plot grafik stabil pada frekuensi 300 Hz – 4000 Hz untuk konsentrasi campuran diatas 5% dan pada frekuensi 300 Hz – 1500 Hz untuk konsentrasi campuran dibawah 5%. Nilai impedansi lemak sapi pada frekuensi 300 Hz – 4000 Hz dalah sebesar (2,481 – 0,282 M $\Omega$ ). Nilai impedansi untuk campuran lemak babi pada lemak sapi dengan konsentrasi campuran yang paling besar yaitu 25% nilai impedansinya adalah (2,261 – 0,267 M $\Omega$ ). Nilai impedansi untuk campuran lemak babi dengan konsentrasi yang paling rendah yaitu 0,5% maka nilainya adalah (2,397 – 0,577 M $\Omega$ ) pada frekuensi 300 Hz – 1500 Hz. Nilai impedansi lemak sapi setelah tercampur lemak babi menunjukkan bahwa nilai impedansinya mengalami penurunan. Tabel 4.2 menunjukkan selisih penurunan tiap konsentrasi antar sampel sebesar 5%. Untuk penambahan lemak babi sebesar 5%, nilai impedansi pada lemak sapi rata rata turun sebesar  $\pm 1,78\%$  pada frekuensi 300 Hz – 4000 Hz. Tabel 4.3 menunjukkan selisih penurunan tiap konsentrasi antar sampel sebesar 0,5%. Pada penambahan lemak babi sebesar 0,5% pada frekuensi 300 Hz – 1500 Hz, nilai impedansi lemak sapi rata rata turun sebesar 0,42%.



Tabel 4. 2. Penurunan tiap 5% untuk frekuensi 300 Hz – 4000 Hz

Konsentrasi Sampel	Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel ( $M\Omega$ )	Presentase Nilai Perbedaan
Sapi 75 % Babi 25%	0,027	2,7%
Sapi 80 % Babi 20%	0,017	1,7%
Sapi 85 % Babi 15%	0,009	0,9%
Sapi 90 % Babi 10 %	0,003	0,3%
Sapi 95 % Babi 5 %	0,033	3,3%

Tabel 4.3 Penurunan tiap 0,5% untuk frekuensi 300 Hz – 1500 Hz

Konsentrasi Sampel	Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel ( $M\Omega$ )	Presentase Nilai Perbedaan
Sapi 95 % Babi 5%	0,004	0,4%
Sapi 95,5 % Babi 4,5%	0,002	0,2%
Sapi 96 % Babi 4 %	0,002	0,2%
Sapi 96,5 % Babi 3,5 %	0,002	0,2%
Sapi 97 % Babi 3 %	0,002	0,2%
Sapi 97,5 % Babi 2,5 %	0,003	0,3%
Sapi 98 % Babi 2%	0,003	0,3%
Sapi 98,5 % Babi 1,5 %	0,003	0,3%
Sapi 99 % Babi 1 %	0,003	0,3%
Sapi 99,5 % Babi 0,5 %	0,018	1,8%

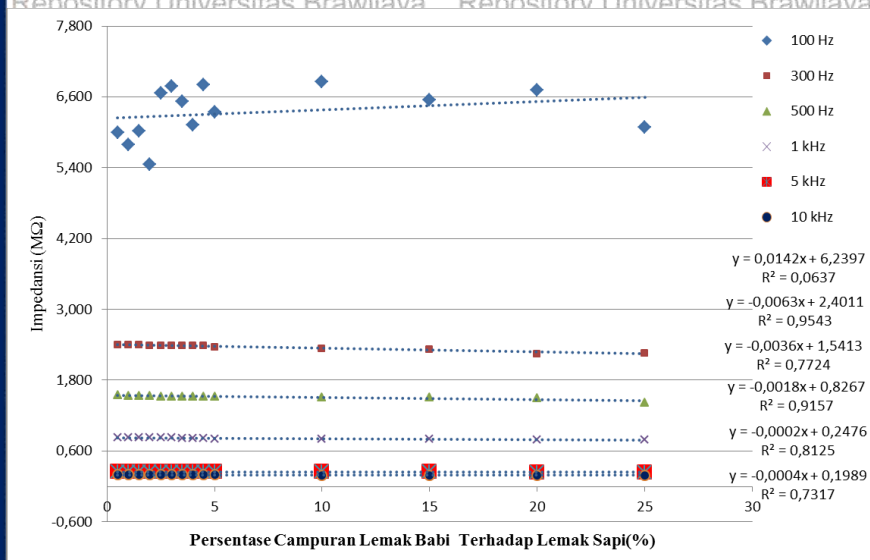
Pada tabel diatas, perbedaan antar sampel dengan perbedaan konsentrasi tiap 0,5% campuran lemak babinya menunjukkan bahwa perbedaannya sangat kecil yaitu sekitar 0,2% dan 0,3%. Dalam tabel menunjukkan bahwa pada frekuensi tersebut yaitu 300 Hz – 1500 Hz nilai penurunan impedansi lemaknya juga stabil. Pada frekuensi dibawah 300 Hz dan diatas 1,5 kHz rata rata nilai penurunan sampel konsentrasi campuran lemak babi tidak stabil dan nilainya cenderung

acak, karena pada frekuensi rendah polarisasi dari suatu bahan dielektrik cenderung masih acak karena sifat lemak yang memiliki molekul non polar jadi lebih susah untuk terpolarisasi begitu juga dengan frekuensi tinggi, polarisasi bahan semakin acak

Semakin besar persentase campuran lemak babi pada lemak sapi, semakin besar nilai impedansi sampel dan dipengaruhi komposisi bahan non konduksi (seperti lemak) (Scharfetter H *et al.* 2001). Nilai impedansi campuran lemak babi pada lemak sapi dipengaruhi pula oleh aliran arus yang melalui bahan karena komponen resistansi dan kapasitansi diantaranya dipengaruhi oleh komposisi penyusun lemak (campuran lemak). Komposisi penyusun lemak terdiri atas asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acid*) dan asam lemak tak jenuh (*Unsaturated Fatty Acid*). Pada tabel 4.1 pada lemak sapi dan lemak babi komponen penyusun yang paling dominan adalah asam lemak oleat C18:1 sebesar 27,7 untuk lemak sapi dan 43,1 untuk lemak babi, asam linoleat C18:2 sebesar 3,2 pada lemak sapi dan 10,7 untuk lemak babi, yang kedua asam lemak tersebut termasuk dalam asam lemak tak jenuh. Komponen penyusun yang dominan terdapat asam lemak jenuh yaitu untuk sapi sebesar 50,6 dan pada lemak babi sebesar 40,7.

Kandungan asam lemak jenuh yang tinggi pada lemak sapi menyebabkan polaritas bahan semakin rendah karena elektron elektronnya lebih sukar terpolarisasi sehingga nilai impedansinya menjadi lebih tinggi. Pada lemak babi kandungan asam lemak tak jenuh yang dominan menyebabkan polaritasnya semakin tinggi karena elektron elektron dalam molekul lemaknya lebih mudah terpolarisasi sehingga nilai impednsinya lebih rendah. Campuran lemak babi pada lemak sapi menyebabkan kedua komposisi bahan ikut bercampur. Pada lemak babi yang memiliki kandungan asam lemak tak jenuh lebih tinggi akan bercampur pada lemak sapi yang memiliki komposisi asam lemak jenuh yang tinggi. pada campuran lemak sapi memiliki tambahan lemak tak jenuh dari lemak babi sehingga komponen lemak sapi memiliki tambahan pada komposisi lemak tak jenuhnya sehingga polaritasnya semakin tinggi dari sebelumnya yang menyebabkan nilai impedansinya menurun. Jadi campuran lemak babi dapat menurunkan nilai impedansi pada lemak sapi.

Setiap bahan hidup memiliki komposisi tertentu, dan nilai impedansinya juga tertentu. Sifat ini digunakan mengenali perubahan komposisi bahan akibat penurunan kualitas dan atau pemalsuan bahan (Damez JL 2008). Jaringan biologis, terutama daging, memiliki impedansi anisotropik, yaitu impedansi yang bervariasi berdasar apakah arus berjalan sejajar atau tegak lurus. Nilai impedansi menurun seiring dengan meningkatnya frekuensi yang diberikan. Hal ini disebabkan karena impedansi berlawanan dengan aliran arus listrik (Sarrubi 2008).



Gambar 4.18 Grafik Nilai Impedansi Lemak Sapi terhadap Campuran Lemak Babi dengan berbagai konsentrasi

Pada gambar 4.18 merupakan plot grafik nilai impedansi untuk frekuensi 100 Hz, 300 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 5000 Hz dan 10 kHz terhadap nilai konsentrasi campuran lemak babi yang diberikan pada lemak sapi. Nilai impedansi listrik untuk frekuensi 100 Hz mengalami fluktuatif karena pada frekuensi ini menunjukkan bahwa nilai impedansinya tidak stabil pada campuran lemak babi dengan berbagai konsentrasi yang diberikan baik dari penambahan persentase lemak

babi paling sedikit. Pada frekuensi 300 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 5000 Hz dan 10 kHz semakin tinggi frekuensinya maka nilai impedansinya cenderung mengalami penurunan mendekati nol dan cenderung stabil. Pada frekuensi tinggi sesuai dengan rangkaian randles nilai impedansi listriknya dipengaruhi oleh nilai resistansi dari sampel. Semakin banyak penambahan konsentrasi campuran lemak babi maka nilai impedansi semakin turun.







## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang pengukuran impedansi listrik campuran lemak babi pada lemak sapi menggunakan metode dielektrik plat sejajar didapatkan kesimpulan bahwa campuran lemak babi pada lemak sapi dengan berbagai macam konsentrasi campurannya dapat dianalisis menggunakan metode dielektrik plat sejajar yang diberi injeksi arus AC sebesar  $1\mu\text{A}$ . Pada metode ini pengukuran yang dilakukan adalah menentukan nilai impedansi listriknya. Pada metode ini sampel campuran lemak dapat diamati perbedaannya pada frekuensi 300 Hz – 4000 Hz untuk sampel dengan konsentrasi campuran lemak babi diatas 5%, sedangkan untuk campuran lemak babi dengan konsentrasi dibawah 5% dapat diamati perbedaannya pada frekuensi 300 Hz – 1500 Hz. Semakin tinggi konsentrasi lemak babi yang dicampurkan pada lemak sapi, maka nilai impedansi lemak sapi akan semakin turun. Nilai impedansi total campuran lemak babi pada lemak sapi dipengaruhi oleh komponen resistansi dan kapasitansi.

### 5.2 Saran

Pada pengukuran sampel lemak digunakan injeksi arus yang lebih rendah lagi dibawah  $1\mu\text{A}$  yaitu sekitar  $1\text{nA}$ , agar pengukuran sampel lemak dapat diamati perbedaannya pada frekuensi rendah dengan alat ini. Pengukuran sebaiknya dilakukan dengan suhu yang sama. Penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan nilai impedansi listrik dari campuran lemak babi pada lemak sapi dengan berbagai konsentrasi, disarankan dapat menggunakan metode ini untuk melakukan pengujian pada bahan lain, dan untuk pengujian kualitas dari bahan pangan menggunakan injeksi arus yang bermacam macam dan dengan menggunakan rentang frekuensi rendah 0,03 Hz hingga frekuensi 20 Mhz.





**DAFTAR PUSTAKA**

Ando, Yasumasa, Koichi Mizutani, and Naoto Wakatsuki. 2014. "Electrical Impedance Analysis of Potato Tissues during Drying." *Journal of Food Engineering* 121: 24–31.

Azizah, Fitri. 2008. "Kajian Sifat Listrik Membran Selulosa Asetat Yang Direndam Dalam Laruta [Skripsi]. Departemen Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alamn Asam Klorida Dan Kalium Hidrosida." *Bogor: Institut Pertanian Bogor*.

Damez JL, and Clerjon S. 2008. "Meat Quality Assessment Using Biophysical Methods Related to Meat Structure." *Meat Sci*, 80 (1):132–49.

Djarmiko, B, and A.P Widjaja. 1973. *Minyak Dan Lemak*. Bogor: Departemen THP IPB.

Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika edisi kelima jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Griffiths, David J. 1999. *Introduction to Electrodynamics, Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall.

Grimnes, Sverre, and Orjan G. Martinsen. 2014. *Bioimpedance and Bioelectricity Basics*. Academic Press.

Gussow, Milton. 2004. *Schaum's Dasar-dasar Tek. Listrik*. Erlangga.

Halliday, Resnick. 2007. *Fundamentals of Physics 8 Edition*. New York: Wiley.

Hermanto, Sandra, Anna Muawanah, and Rizkina Harahap. 2008. "Profil Dan Karakteristik Lemak Hewani (Ayam, Sapi Dan Babi) Hasil Analisa FTIR Dan GCMS." *Jurnal Kimia VALENSI* 1 (3).

Hermawan, Bandi. 2005. "MONITORING SOIL WATER CONTENT USING DIELECTRICAL PROPERTIES AT CORN FIELD." *JUPI* 7 (1): 15–22.



- Hidayat, Mokhammad Robby, Chomsin S Widodo, and Gancang Saroja. 2014. "Kajian Karakteristik Biolistrik Kulit Ikan Lele (*Clarias Batrachus*) Dengan Metode Dielektrik Frekuensi Rendah." *Physics Student Journal* 2 (1): pp – 11.
- Jaswir, Irwandi, Mohamed Elwathig Saeed Mirghani, Torla Haji Hassan, and Mohd Zaki Mohd Said. 2003. "Determination of Lard in Mixture of Body Fats of Mutton and Cow by Fourier Transform Infrared Spectroscopy." *Journal of Oleo Science* 52 (12): 633–38.
- Jewett, Serway. 2004. *Physics for Scientists and Engineers*. 6th edition. Thomson Brooks/Cole.
- J.M.de Man. 1999. "Functionality Requirements of Fats and Oils for Food Applications, MOSTA Tech-In, Recent Advance in The Science of Oils and Fats." *Canada*.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI-Press.
- Lvovich, Vadim F. 2015. *Impedance Spectroscopy: Applications to Electrochemical and Dielectric Phenomena*. John Wiley & Sons.
- McKee, T, and J.R McKee. 2003. *Biochemistry: The Molecular Basis Of Life. Edisi III*. Boston: The McGraw-Hill.
- Nuzula, Firdausi, Chomsin S Widodo, and others. 2014. "STUDI PENGARUH CAMPURAN LEMAK BABI TERHADAP KAPASITANSI DAN KONSTANTA DIELEKTRIK LEMAK SAPI DENGAN METODE DIELEKTRIK." *Physics Student Journal* 2 (1): pp – 301.
- O'brien, Richard D. 2008. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*. CRC press.
- Paquot C. 1999. *Standard Method for The Analysis of Oils, Fats and Derived, 6th Edition, Section II: Oils and Fats*. France: Groupe The Laboratoires du CNRS Thiaise.
- Rhee, K.C., 2000. "Fatty Acids in Meats and Meat Products, in Fatty Acids in Foods and Their Health Implications, Ching Kuang Chow, Ed." *Marcel Dekker, New York*, 83–108.



Rohman, A., K. Triyana, Y. Erwanto, and others. 2012.

“Differentiation of Lard and Other Animal Fats Based on Triacylglycerols Composition and Principal Component Analysis.” *International Food Research Journal* 19 (2).

Sari, Cholifatyani Mukti, Chomsin S. Widodo, and Didik R. Santoso.

2016. “Pengukuran Impedansi Listrik Suatu Larutan Dengan Menggunakan Probe Plat Sejajar.” *Physics Student Journal*.

Sarrubi, F. Baculo, R., dan Iannuzzi, L. 2008. “Bioelectrical Impedance Analysis for the Prediction of Hot Carcass Weight in Buffalo Calf, Short Communication, Italy.” *Journal Animal Science*, 7, 513–23.

Sartika, Ratu Ayu Dewi. 2008. “Pengaruh Asam Lemak Jenuh, Tidak Jenuh Dan Asam Lemak Trans Terhadap Kesehatan.”

*Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional* 2 (4).

<http://jurnalkesmas.ui.ac.id/index.php/kesmas/article/view/258>.

Sastrohamidjojo, H.:2005, *Kimia Organik, Stereokimia, Karbohidrat, Lemak, Dan Protein*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Scharfetter H, Schlager T, Stollberger R, Felsberger R, Hutten H, and Hinghofer-Szalkay H. 2001. “Assessing Abdominal Fatness with Local Bioimpedance Analysis: Basics and Experimental Findings.” *Int J Obes Relat Metab Disord.*, 25:502–11.

Serway, Raymond A, John W, and Jewett, Jr. 2010. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik*. Jakarta: Salemba Teknika.

Sosa-Morales, M. E., L. Valerio-Junco, A. López-Malo, and H. S. García. 2010. “Dielectric Properties of Foods: Reported Data in the 21st Century and Their Potential Applications.” *LWT-Food Science and Technology* 43 (8): 1169–79.

Spohner, Milan. 2012. “A Study of the Properties of Electrical Insulation Oils and of the Components of Natural Oils.” *Acta Polytechnica* 52 (5).

Sucipto. 2013. “Rancang Bangun Teknik Deteksi Lemak Babi Pada Daging Sapi Berbasis Sifat Listrik.” *IPB*.



Sumardjo, Damin. 2009. *Pengantar Kimia Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran*. Jakarta: EGC.

Tipler, Paul A. 2001. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

Tipler, Paul A., and Gene Mosca. 2008. *Physics For Scientists and Engineers Sixth Edition*. New York: W. H. Freeman and Company.

Vlack, Lawrence H. Van. 2004. *Elemen-Elemen Ilmu Dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.

Wardani, Dwi Resa, Chomsin Sulistya Widodo, and Gancang Saroja. 2015. "STUDI KARAKTERISTIK BIOLISTRIK MINYAK GORENG SAWIT KEMASAN DENGAN METODE DIELEKTRIK PADA FREKUENSI RENDAH." *Physics Student Journal* 2 (1): pp – 749.

Winarno, F. G, Fardiaz S, and Fardiaz D. 1984. *Pengantar Teknologi Pangan*. Gramedia, Jakarta. Jakarta: gramedia.

Young, Hugh D. 2004. *Fisika Universitas*. Jakarta: Erlangga.



# LAMPIRAN

## Lampiran 1 Alat dan Bahan Penelitian



(a) Lemak Sapi



(b) Lemak Babi



(c)  $Na_2SO_4$



(d) Kain Saring



(e) Microwave Panasonic



(f) Pipet Tetes



(g) MicroPipet



(h) Gelas Ukur



(i) Baker Glass

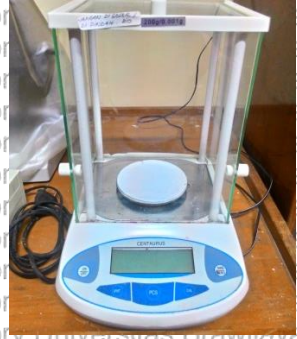


(j) Magnetic stirrer dan Magnet





(k) Botol Sampel



(l) Neraca Ohaus



(m) Plat Kapasitor Sejajar



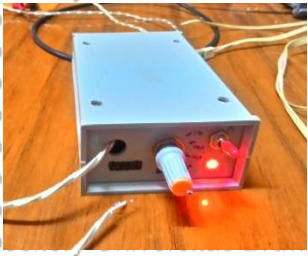
(n) Pico Scope S5000



(o) Komputer (PC)



(p) Trafo



(q) Converter V to I



(r) Set Rangkaian Alat Percobaan



Lampiran 2 Data Hasil Percobaan Sampel Lemak Babi pada Lemak Sapi

a. Babi 100%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.357	-6.155	6.256	6.297	-6.189	6.243
2	150	4.348	-4.126	4.237	4.132	-4.152	4.142
3	200	3.303	-3.078	3.1905	3.355	-3.097	3.226
4	250	2.715	-2.455	2.585	2.693	-2.481	2.587
5	300	2.241	-2.088	2.1645	2.151	-2.118	2.1345
6	350	1.876	-1.805	1.8405	1.945	-1.771	1.858
7	400	1.601	-1.601	1.601	1.718	-1.566	1.642
8	450	1.55	-1.4	1.475	1.498	-1.421	1.4595
9	500	1.406	-1.249	1.3275	1.352	-1.281	1.3165
10	550	1.292	-1.139	1.2155	1.297	-1.147	1.222
11	600	1.193	-1.048	1.1205	1.165	-1.064	1.1145
12	650	1.106	-0.9672	1.0366	1.11	-0.9758	1.0429
13	700	1.043	-0.9057	0.9743	1.038	-0.9187	0.9783
14	750	0.9623	-0.8437	0.903	0.9623	-0.8523	0.9073
15	800	0.9177	-0.8107	0.8642	0.9005	-0.8107	0.8556
16	850	0.8366	-0.7841	0.8103	0.815	-0.7884	0.8017
17	900	0.7972	-0.733	0.7651	0.7717	-0.746	0.7588
18	950	0.7938	-0.6846	0.7392	0.768	-0.6846	0.7263
19	1000	0.7503	-0.6463	0.6983	0.7503	-0.6463	0.6983
20	1500	0.517	-0.455	0.486	0.5083	-0.4507	0.4795
21	2000	0.4332	-0.3383	0.3857	0.4332	-0.334	0.3836
22	2500	0.3202	-0.3113	0.3157	0.3159	-0.3177	0.3168
23	3000	0.3003	-0.2622	0.2812	0.3003	-0.2622	0.2812
24	3500	0.2592	-0.2355	0.2473	0.2624	-0.2279	0.2451
25	4000	0.2177	-0.2457	0.2317	0.2134	-0.2457	0.2295
26	4500	0.2288	-0.2174	0.2231	0.2288	-0.2174	0.2231
27	5000	0.2411	-0.1856	0.2133	0.2433	-0.177	0.2101
28	10000	0.1578	-0.1784	0.1681	0.1621	-0.1784	0.1702



OUTPUT 3			V		Deviasi	Kr %
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (M $\Omega$ )	$\sigma$	
6.288	-6.198	6.243	6,247	6,247	0,008	0,120
4.348	-4.074	4.211	4,197	4,197	0,049	1,170
3.183	-3.122	3.1525	3,190	3,190	0,037	1,152
2.568	-2.524	2.546	2,573	2,573	0,023	0,899
2.108	-2.122	2.115	2,138	2,138	0,025	1,166
1.963	-1.762	1.8625	1,854	1,854	0,012	0,627
1.739	-1.562	1.6505	1,631	1,631	0,026	1,623
1.455	-1.438	1.4465	1,460	1,460	0,014	0,977
1.313	-1.303	1.308	1,317	1,317	0,010	0,742
1.275	-1.169	1.222	1,220	1,220	0,004	0,308
1.134	-1.085	1.1095	1,115	1,115	0,006	0,494
1.11	-0.9715	1.04075	1,040	1,040	0,003	0,308
1.012	-0.9273	0.96965	0,974	0,974	0,004	0,447
0.9364	-0.8696	0.903	0,904	0,904	0,002	0,274
0.8746	-0.8366	0.8556	0,858	0,858	0,005	0,578
0.8021	-0.7971	0.7996	0,804	0,804	0,006	0,709
0.7627	-0.7589	0.7608	0,762	0,762	0,003	0,420
0.7464	-0.7018	0.7241	0,730	0,730	0,008	1,118
0.746	-0.6592	0.7026	0,700	0,700	0,002	0,355
0.5019	-0.4615	0.4817	0,482	0,482	0,003	0,685
0.4289	-0.3383	0.3836	0,384	0,384	0,001	0,323
0.3137	-0.322	0.31785	0,317	0,317	0,001	0,331
0.3024	-0.2579	0.28015	0,281	0,281	0,001	0,226
0.2667	-0.2311	0.2489	0,247	0,247	0,002	0,762
0.2155	-0.2392	0.22735	0,230	0,230	0,002	0,948
0.2266	-0.2066	0.2166	0,221	0,221	0,004	1,699
0.2454	-0.1792	0.2123	0,212	0,212	0,002	0,770
0.1578	-0.1741	0.16595	0,168	0,168	0,002	1,279

b. Sapi 100%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	7.02	-5.764	6.392	6.235	-7.083	6.659
2	150	5.215	-3.922	4.5685	5.215	-3.926	4.5705
3	200	2.979	-3.458	3.2185	3.798	-2.622	3,21
4	250	2.771	-2.41	2.5905	3.474	-1.979	2.7265
5	300	2.396	-2.624	2.51	2.396	-2.616	2.506
6	350	1.977	-2.251	2.114	2.602	-1.613	2.1075
7	400	1.782	-2.054	1.918	1.806	-2.048	1.927
8	450	1.867	-1.599	1.733	1.863	-1.594	1.7285
9	500	1.511	-1.644	1.5775	1.512	-1.652	1.582
10	550	1.461	-1.413	1.437	1.32	-1.499	1.4095
11	600	1.103	-1.499	1.301	1.606	-1.107	1.3565
12	650	1.525	-0.9927	1.2588	1.019	-1.388	1.2035
13	700	1.145	-1.173	1.159	1.142	-1.164	1.153
14	750	0.9714	-1.193	1.0822	0.9636	-1.2	1.0818
15	800	1.187	-0.8561	1.0215	0.8102	-1.177	0.9936
16	850	0.9988	-0.9452	0.972	0.9901	-0.9624	0.9762
17	900	0.9026	-0.9465	0.9245	0.9156	-0.9379	0.9267
18	950	0.7091	-1.015	0.8620	0.7177	-1.015	0.8663
19	1000	0.9517	-0.7121	0.8319	0.9517	-0.7095	0.8306
20	1500	0.6399	-0.4851	0.5625	0.6529	-0.5239	0.5884
21	2000	0.4384	-0.4776	0.458	0.4427	-0.4754	0.4590
22	2500	0.3958	-0.3671	0.3814	0.4001	-0.3693	0.3847
23	3000	0.2806	-0.3896	0.3351	0.3065	-0.3659	0.3362
24	3500	0.3147	-0.2888	0.3017	0.3297	-0.2759	0.3028
25	4000	0.272	-0.2926	0.2823	0.2634	-0.3034	0.2834
26	4500	0.2942	-0.2317	0.2629	0.3437	-0.1713	0.2575
27	5000	0.2828	-0.2151	0.2489	0.2591	-0.2366	0.2478
28	10000	0.2421	-0.1436	0.1928	0.1947	-0.1911	0.1929



OUTPUT 3			V		Deviasi	Kr %
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (MΩ)	$\sigma$	
7.011	-5.764	6.3875	6,480	6,480	0,15547	2,399
5.215	-3.926	4.5705	4,570	4,570	0,00115	0,025
4.092	-3.268	3.68	3,370	3,370	0,26893	7,981
3.361	-2.725	3.043	2,787	2,787	0,23217	8,332
3.104	-1.751	2.4275	2,481	2,481	0,04652	1,875
2.611	-1.613	2.112	2,111	2,111	0,00333	0,158
1.823	-2.048	1.9355	1,927	1,927	0,00875	0,454
1.875	-1.59	1.7325	1,731	1,731	0,00247	0,142
1.529	-1.643	1.586	1,582	1,582	0,00425	0,269
1.487	-1.376	1.4315	1,426	1,426	0,01455	1,020
1.048	-1.529	1.2885	1,315	1,315	0,03619	2,752
1.034	-1.384	1.209	1,224	1,224	0,03049	2,492
1.155	-1.173	1.164	1,159	1,159	0,00551	0,475
0.9712	-1.188	1.0796	1,081	1,081	0,0014	0,129
0.8059	-1.185	0.99545	1,004	1,004	0,01563	1,558
0.9686	-0.9758	0.9722	0,973	0,973	0,00239	0,246
0.825	-0.9939	0.90945	0,920	0,920	0,00941	1,023
0.7177	-1.019	0.86835	0,866	0,866	0,00321	0,372
0.9258	-0.7423	0.83405	0,832	0,832	0,00174	0,209
0.6399	-0.5282	0.58405	0,578	0,578	0,01386	2,398
0.4793	-0.4388	0.45905	0,459	0,459	0,00060	0,132
0.4114	-0.3451	0.37825	0,381	0,381	0,00322	0,845
0.3043	-0.3638	0.33405	0,335	0,335	0,00107	0,321
0.3578	-0.2457	0.30175	0,302	0,302	0,00060	0,201
0.2613	-0.3012	0.28125	0,282	0,282	0,00107	0,381
0.2985	-0.2231	0.2608	0,260	0,260	0,00274	1,054
0.3	-0.1957	0.24785	0,248	0,248	0,00063	0,256
0.2443	-0.135	0.18965	0,192	0,192	0,00186	0,971

c. Sapi 75% + Babi 25%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.544	-5.515	6.0295	5.76	-6.658	6.209
2	150	4.766	-3.568	4.167	3.573	-4.52	4.0465
3	200	3.942	-2.864	3.403	3.118	-3.844	3.481
4	250	3.399	-2.009	2.704	2.17	-3.393	2.7815
5	300	2.925	-1.666	2.2955	2.929	-1.675	2.302
6	350	2.7	-1.283	1.9915	1.351	-2.692	2.0215
7	400	2.42	-1.132	1.776	1.061	-2.448	1.7545
8	450	2.336	-0.8618	1.5989	0.8795	-2.319	1.5992
9	500	0.7336	-2.12	1.4268	2.122	-0.6968	1.4094
10	550	2.052	-0.6029	1.3275	0.5915	-2.046	1.3187
11	600	1.927	-0.5215	1.2242	0.4957	-1.849	1.1723
12	650	1.901	-0.4098	1.1554	0.3919	-1.875	1.1334
13	700	1.772	-0.3657	1.0689	0.3326	-1.728	1.0303
14	750	1.698	-0.2503	0.9742	0.2217	-1.718	0.9699
15	800	1.671	-0.2256	0.9483	0.2226	-1.614	0.9183
16	850	1.628	-0.1136	0.8708	0.1364	-1.631	0.8837
17	900	1.62	-0.0699	0.8449	0.0853	-1.604	0.8446
18	950	1.538	-0.0874	0.8127	0.0637	-1.531	0.7973
19	1000	1.517	-0.0681	0.7926	0.0394	-1.521	0.7802
20	1500	1.221	0.1304	0.5453	-0.122	-1.195	0.5367
21	2000	1.179	0.3122	0.4334	-0.307	-1.16	0.4265
22	2500	1.035	0.2934	0.3708	1.03	0.302	0.364
23	3000	1.06	0.4131	0.3235	1.064	0.4131	0.3255
24	3500	0.955	0.3753	0.2899	-0.375	-0.9529	0.2888
25	4000	-0.472	-1.004	0.2662	1.021	0.4839	0.2685
26	4500	-0.423	-0.9187	0.2479	0.9244	0.4266	0.2489
27	5000	0.9613	0.4699	0.2457	-0.477	-0.9598	0.2413
28	10000	-0.509	-0.8837	0.1875	-0.504	-0.8923	0.1939





OUTPUT 3			<b>v</b>	<b>Deviasi</b>	<b>Kr %</b>	
<b>Vatas</b>	<b>Vbawah</b>	<b>Vrata 3</b>	<b>Total</b>	<b><math>\sigma</math></b>		
<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>IMPEDANSI</b>		
				<b>(M<math>\Omega</math>)</b>		
6.546	-5.515	6.0305	6,090	6,090	0,103	1,697
4.537	-4.756	4.6465	4,287	4,287	0,317	7,404
2.576	-3.662	3.119	3,334	3,334	0,191	5,714
2.759	-2.165	2.462	2,649	2,649	0,167	6,291
1.567	-2.804	2.1855	2,261	2,261	0,065	2,895
1.718	-1.903	1.8105	1,941	1,941	0,114	5,881
1.42	-1.796	1.608	1,713	1,713	0,091	5,338
2.321	-0.8617	1.59135	1,597	1,597	0,004	0,280
2.101	-0.7182	1.4096	1,415	1,415	0,010	0,706
2.044	-0.6284	1.3362	1,327	1,327	0,009	0,657
0.4799	-1.874	1.17695	1,191	1,191	0,029	2,412
0.3608	-1.887	1.1239	1,138	1,138	0,016	1,420
1.765	-0.3812	1.0731	1,057	1,057	0,024	2,230
1.738	-0.2962	1.0171	0,987	0,987	0,026	2,647
0.2254	-1.628	0.9267	0,931	0,931	0,015	1,662
1.649	-0.1614	0.9052	0,887	0,887	0,017	1,960
0.07828	-1.603	0.84064	0,843	0,843	0,002	0,285
1.536	-0.09332	0.81466	0,808	0,808	0,009	1,173
1.518	-0.04623	0.78211	0,785	0,785	0,007	0,848
-0.1216	-1.195	0.5367	0,540	0,540	0,005	0,920
-0.2983	-1.156	0.42885	0,430	0,430	0,003	0,811
-0.2907	-1.023	0.36615	0,367	0,367	0,003	0,947
-0.4204	-1.05	0.3148	0,321	0,321	0,006	1,762
-0.3732	-0.9465	0.28665	0,288	0,288	0,002	0,566
1.014	0.4818	0.2661	0,267	0,267	0,001	0,519
0.9373	0.4309	0.2532	0,250	0,250	0,003	1,134
0.9634	0.4764	0.2435	0,244	0,244	0,002	0,893
0.9118	0.5282	0.1918	0,191	0,191	0,003	1,719

d. Sapi 80% + Babi 20%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	7.104	-6.332	6.718	7.108	-6.332	6.72
2	150	5.168	-4.025	4.5965	5.152	-4.021	4.5865
3	200	3.563	-3.213	3.388	4.304	-3.11	3.707
4	250	2.918	-2.634	2.776	3.349	-2.289	2.819
5	300	2.846	-1.895	2.3705	1.519	-2.177	1.848
6	350	2.394	-1.658	2.026	2.405	-1.656	2.0305
7	400	2.146	-1.423	1.7845	2.405	-1.345	1.875
8	450	1.844	-1.372	1.608	2.059	-1.104	1.5815
9	500	2.025	-1.018	1.5215	1.827	-1.07	1.4485
10	550	1.905	-0.843	1.374	1.752	-0.8944	1.3232
11	600	1.523	-0.9079	1.2155	1.695	-0.7786	1.2368
12	650	1.479	-0.7965	1.1377	1.66	-0.6758	1.1679
13	700	1.562	-0.6539	1.1079	1.493	-0.6323	1.0627
14	750	1.505	-0.549	1.027	1.509	-0.5429	1.0259
15	800	1.4	-0.4877	0.9438	1.4	-0.4963	0.9481
16	850	1.399	-0.4375	0.9182	1.406	-0.4473	0.9266
17	900	1.272	-0.4345	0.8532	1.325	-0.4073	0.8661
18	950	1.29	-0.347	0.8185	1.302	-0.3703	0.8361
19	1000	1.237	-0.3495	0.7932	1.241	-0.3405	0.7907
20	1500	0.9889	-0.1146	0.5517	0.9872	-0.1232	0.5552
21	2000	0.8336	-0.0544	0.444	0.8497	-0.0382	0.4439
22	2500	0.7601	0.02089	0.3696	0.7536	0.01442	0.3696
23	3000	0.7065	0.06207	0.3222	0.7052	0.06291	0.3211
24	3500	0.6901	0.1125	0.2888	0.6901	0.1082	0.2909
25	4000	0.6186	0.0626	0.278	0.6186	0.0626	0.278
26	4500	0.6407	0.1299	0.2554	0.6563	0.139	0.2587
27	5000	0.6033	0.1183	0.2425	0.583	0.1002	0.2414
28	10000	0.5369	0.1554	0.1907	0.5391	0.1576	0.1907



OUTPUT 3			V		Deviasi	
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (MΩ)	$\sigma$	Kr %
7.108	-6.315	6.7115	6,717	6,717	0,004	0,066
5.165	-4.007	4.586	4,590	4,590	0,006	0,129
3.752	-4.041	3.8965	3,664	3,664	0,257	7,014
3.349	-2.289	2.819	2,805	2,805	0,025	0,885
2.886	-2.166	2.526	2,248	2,248	0,355	15,8
2.125	-1.944	2.0345	2,030	2,030	0,004	0,209
1.896	-1.664	1.78	1,813	1,813	0,054	2,956
2.197	-1.234	1.7155	1,635	1,635	0,071	4,340
2.007	-1.027	1.517	1,496	1,496	0,041	2,735
1.905	-0.8344	1.3697	1,356	1,356	0,028	2,078
1.726	-0.7823	1.25415	1,235	1,235	0,019	1,569
1.669	-0.6857	1.17735	1,161	1,161	0,021	1,781
1.475	-0.6488	1.0619	1,078	1,078	0,026	2,448
1.503	-0.5465	1.02475	1,026	1,026	0,001	0,110
1.392	-0.5049	0.94845	0,947	0,947	0,003	0,272
1.407	-0.4289	0.91795	0,921	0,921	0,005	0,536
1.298	-0.4173	0.85765	0,859	0,859	0,007	0,763
1.293	-0.3617	0.82735	0,827	0,827	0,009	1,067
1.245	-0.3448	0.7949	0,793	0,793	0,002	0,263
0.9975	-0.1198	0.55865	0,555	0,555	0,003	0,621
0.8206	-0.04574	0.43317	0,440	0,440	0,006	1,415
0.7923	0.05303	0.36963	0,370	0,370	0,000	0,006
0.7072	0.05417	0.32651	0,323	0,323	0,003	0,879
0.6534	0.07153	0.29093	0,290	0,290	0,001	0,426
0.07122	-0.4158	0.24351	0,267	0,267	0,020	7,472
0.6563	0.1347	0.2608	0,258	0,258	0,003	1,053
0.6139	0.1182	0.24785	0,244	0,244	0,003	1,415
0.5369	0.1511	0.1929	0,191	0,191	0,001	0,648

e. Sapi 85% + Babi 15%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.401	-6.698	6.5495	6.41	-6.707	6.5585
2	150	4.503	-4.45	4.4765	5.285	-4.348	4.8165
3	200	3.34	-3.49	3.415	3.935	-3.964	3.9495
4	250	2.814	-2.741	2.7775	3.214	-2.34	2.777
5	300	2.343	-2.287	2.315	2.678	-1.935	2.3065
6	350	2.214	-1.803	2.0085	2.539	-1.588	2.0635
7	400	1.95	-1.61	1.78	2.235	-1.334	1.7845
8	450	2.1	-1.168	1.634	2.106	-1.173	1.6395
9	500	1.936	-1.038	1.487	1.95	-1.052	1.501
10	550	1.821	-0.903	1.362	1.812	-0.9117	1.3619
11	600	1.691	-0.8349	1.2629	1.691	-0.8349	1.2629
12	650	1.588	-0.7392	1.1636	1.588	-0.7392	1.1636
13	700	1.546	-0.6524	1.0992	1.537	-0.661	1.099
14	750	1.512	-0.5653	1.0387	1.512	-0.5653	1.0387
15	800	1.4	-0.54	-0.97	1.391	-0.5487	0.9698
16	850	1.379	-0.4942	0.9366	1.383	-0.4855	0.9342
17	900	1.255	-0.4609	0.8579	1.27	-0.4581	0.8641
18	950	1.292	-0.3889	0.8405	1.284	-0.3802	0.8321
19	1000	1.215	-0.3969	0.8059	1.207	-0.3969	0.8019
20	1500	1.001	-0.1185	0.5597	1.011	-0.1142	0.5626
21	2000	0.8431	-0.0405	0.4418	0.8431	-0.0620	0.4525
22	2500	0.7568	0.01107	0.3729	0.7854	0.03755	0.3739
23	3000	0.7135	0.05615	0.3286	0.7049	0.05615	0.3243
24	3500	0.6786	0.08311	0.2977	0.6721	0.08375	0.2942
25	4000	0.6629	0.109	0.276	0.6521	0.09389	0.2791
26	4500	0.62	0.1006	0.2597	0.5839	0.06448	0.2597
27	5000	0.6339	0.1382	0.2479	0.6102	0.1145	0.2478
28	10000	0.5652	0.1816	0.1918	0.5652	0.1837	0.1907



OUTPUT 3			V	Deviasi	Kr %	
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	$\sigma$		
			IMPEDANSI (M $\Omega$ )			
6.401	-6.681	6.541	6,550	6,550	0,009	0,134
5.287	-4.338	4.8125	4,702	4,702	0,195	4,151
4.004	-3.524	3.764	3,710	3,710	0,271	7,316
3.331	-2.68	3.0055	2,853	2,853	0,132	4,618
2.377	-2.287	2.332	2,318	2,318	0,013	0,560
2.474	-1.842	2.158	2,077	2,077	0,076	3,641
2.321	-1.501	1.911	1,825	1,825	0,074	4,075
2.01	-1.37	1.69	1,655	1,655	0,031	1,866
1.872	-1.229	1.5505	1,513	1,513	0,033	2,205
1.812	-0.9117	1.36185	1,362	1,362	0,000	0,006
1.708	-0.8263	1.26715	1,264	1,264	0,002	0,192
1.468	-0.9548	1.2114	1,180	1,180	0,028	2,340
1.365	-0.8852	1.1251	1,108	1,108	0,015	1,355
1.495	-0.5653	1.03015	1,036	1,036	0,005	0,474
1.391	-0.5487	0.96985	0,970	0,970	0,000	0,009
1.37	-0.4942	0.9321	0,934	0,934	0,002	0,241
1.289	-0.4609	0.87495	0,866	0,866	0,009	0,995
1.292	-0.3802	0.8361	0,836	0,836	0,004	0,499
1.198	-0.3883	0.79315	0,800	0,800	0,007	0,818
0.9935	-0.1142	0.55385	0,559	0,559	0,004	0,799
0.8259	-0.05774	0.44182	0,445	0,445	0,006	1,395
0.7848	0.03477	0.37501	0,374	0,374	0,001	0,287
0.7048	0.05606	0.32437	0,326	0,326	0,002	0,762
0.698	0.09668	0.30066	0,298	0,298	0,003	1,092
0.6715	0.1154	0.27805	0,278	0,278	0,001	0,388
0.582	0.06479	0.25861	0,259	0,259	0,001	0,245
0.5994	0.1145	0.24245	0,246	0,246	0,003	1,267
0.5652	0.1794	0.1929	0,192	0,192	0,001	0,560

f. Sapi 90% + Babi 10%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	7.353	-6.38	6.8665	7.344	-6.372	6.858
2	150	4.854	-4.217	4.5355	5.466	-4.631	5.0485
3	200	3.448	-3.518	3.483	4.051	-3.035	3.543
4	250	3.019	-2.544	2.7815	3.554	-2.294	2.924
5	300	2.216	-2.448	2.332	2.572	-2.095	2.3335
6	350	2.607	-1.539	2.073	2.616	-1.539	2.0775
7	400	2.211	-1.341	1.776	2.435	-1.35	1.8925
8	450	2.078	-1.111	1.5945	2.194	-1.202	1.698
9	500	1.941	-0.9471	1.4441	2.079	-0.9815	1.5303
10	550	1.811	-0.8274	1.3192	1.966	-0.836	1.401
11	600	1.751	-0.6971	1.2241	1.812	-0.7919	1.3019
12	650	1.59	-0.6774	1.1337	1.719	-0.6472	1.1831
13	700	1.626	-0.5635	1.0947	1.631	-0.5841	1.1075
14	750	1.565	-0.5299	1.0475	1.617	-0.4782	1.0476
15	800	1.481	-0.4756	0.9783	1.49	-0.4584	0.9742
16	850	1.463	-0.4163	0.9397	1.472	-0.4249	0.9485
17	900	1.385	-0.399	0.892	1.368	-0.4077	0.8879
18	950	1.363	-0.3094	0.8362	1.372	-0.3353	0.8537
19	1000	1.304	-0.2867	0.7953	1.291	-0.3039	0.7975
20	1500	1.045	-0.0756	0.5603	1.024	-0.0885	0.5563
21	2000	0.8775	-0.0126	0.4451	0.8947	0.00248	0.4461
22	2500	0.8542	0.09555	0.3793	0.8326	0.074	0.3793
23	3000	0.7774	0.1179	0.3297	0.7774	0.1093	0.3341
24	3500	0.7717	0.179	0.2963	0.776	0.1812	0.2974
25	4000	0.6764	0.1247	0.2759	0.6872	0.1333	0.2769
26	4500	0.7332	0.2203	0.2564	0.7375	0.2203	0.2586
27	5000	0.6302	0.1432	0.2435	0.6302	0.1367	0.2467
28	10000	0.6448	0.259	0.1929	0.6362	0.259	0.1886



OUTPUT 3			<b>v</b>	<b>Deviasi</b>	<b>Kr %</b>	
<b>Vatas</b>	<b>Vbawah</b>	<b>Vrata 3</b>	<b>Total</b>	<b><math>\sigma</math></b>		
<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>IMPEDANSI</b>		
				<b>(M<math>\Omega</math>)</b>		
7.327	-6.38	6.8535	6,859	6,859	0,007	0,096
4.835	-4.211	4.523	4,702	4,702	0,300	6,377
4.051	-3.052	3.5515	3,526	3,526	0,037	1,059
3.261	-2.992	3.1265	2,944	2,944	0,173	5,889
2.225	-2.465	2.345	2,337	2,337	0,007	0,304
2.607	-1.548	2.0775	2,076	2,076	0,003	0,125
2.435	-1.341	1.888	1,852	1,852	0,066	3,563
2.186	-1.211	1.6985	1,664	1,664	0,060	3,601
1.898	-1.249	1.5735	1,516	1,516	0,066	4,347
1.802	-1.077	1.4395	1,387	1,387	0,061	4,431
1.622	-0.9988	1.3104	1,279	1,279	0,048	3,722
1.624	-0.8381	1.23105	1,183	1,183	0,049	4,116
1.514	-0.768	1.141	1,114	1,114	0,024	2,143
1.565	-0.5213	1.04315	1,046	1,046	0,003	0,242
1.507	-0.4584	0.9827	0,978	0,978	0,004	0,434
1.463	-0.4163	0.93965	0,943	0,943	0,005	0,539
1.42	-0.3818	0.9009	0,894	0,894	0,007	0,746
1.359	-0.3267	0.84285	0,844	0,844	0,009	1,043
1.334	-0.3168	0.8254	0,806	0,806	0,017	2,081
1.045	-0.08421	0.56461	0,560	0,560	0,004	0,745
0.9012	0.004634	0.44828	0,446	0,446	0,002	0,369
0.8542	0.1063	0.37395	0,378	0,378	0,003	0,820
0.7666	0.1093	0.32865	0,331	0,331	0,003	0,863
0.7545	0.151	0.30175	0,299	0,299	0,003	0,959
0.6699	0.1031	0.2834	0,279	0,279	0,004	1,463
0.7397	0.2203	0.2597	0,258	0,258	0,002	0,640
0.6302	0.141	0.2446	0,245	0,245	0,002	0,675
0.647	0.2612	0.1929	0,191	0,191	0,002	1,297

g. Sapi 95% + Babi 5%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.291	-6.401	6.346	6.275	-6.401	6.338
2	150	5.168	-3.867	4.5175	5.15	-3.867	4.5085
3	200	4.054	-2.826	3.44	3.812	-3.653	3.7325
4	250	3.527	-2.335	2.931	3.544	-2.335	2.9395
5	300	2.447	-2.26	2.3535	2.465	-2.242	2.3535
6	350	2.836	-1.475	2.1555	2.482	-1.406	1.944
7	400	2.543	-1.164	1.8535	2.535	-1.172	1.8535
8	450	2.314	-1.022	1.668	2.314	-1.022	1.668
9	500	2.098	-0.9446	1.5213	2.09	-0.9446	1.5173
10	550	1.99	-0.7854	1.3877	1.99	-0.794	1.392
11	600	1.792	-0.7765	1.2843	1.792	-0.7679	1.2799
12	650	1.76	-0.6067	1.1833	1.76	-0.6156	1.1878
13	700	1.734	-0.4384	1.0862	1.751	-0.5271	1.1391
14	750	1.667	-0.4345	1.0507	1.658	-0.4345	1.0463
15	800	1.592	-0.3582	0.9751	1.592	-0.3582	0.9751
16	850	1.546	-0.3425	0.9443	1.546	-0.3425	0.9443
17	900	1.513	-0.2782	0.8956	1.513	-0.2826	0.8978
18	950	1.449	-0.2447	0.8469	1.449	-0.2447	0.8469
19	1000	1.432	-0.1856	0.8088	1.428	-0.1945	0.8113
20	1500	1.424	0.2976	0.5632	1.415	0.2888	0.5631
21	2000	1.104	0.2134	0.4453	1.056	0.1602	0.4479
22	2500	1.2	0.4446	0.3777	1.2	0.4446	0.3777
23	3000	0.9437	0.281	0.3313	0.9459	0.2854	0.3303
24	3500	1.11	0.5091	0.3005	1.15	0.5468	0.3016
25	4000	0.8765	0.3179	0.2793	0.7701	0.2093	0.2804
26	4500	1.068	0.5476	0.2602	1.06	0.5409	0.2595
27	5000	1.116	0.622	0.247	1.129	0.6375	0.2457
28	10000	0.9729	0.585	0.1939	0.9751	0.5806	0.1973





OUTPUT 3			V		Deviasi	Kr %
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (MΩ)	$\sigma$	
6.275	-6.383	6.329	6,338	6,338	0,009	0,134
5.168	-3.884	4.526	4,517	4,517	0,009	0,194
4.054	-2.791	3.4225	3,532	3,532	0,174	4,931
3.527	-2.335	2.931	2,934	2,934	0,005	0,167
2.465	-2.251	2.358	2,355	2,355	0,003	0,110
2.819	-1.457	2.138	2,079	2,079	0,117	5,646
2.561	-1.155	1.858	1,855	1,855	0,003	0,140
2.323	-1.022	1.6725	1,670	1,670	0,003	0,156
2.08	-0.9533	1.51665	1,518	1,518	0,003	0,166
1.99	-0.7854	1.3877	1,389	1,389	0,002	0,179
1.896	-0.6644	1.2802	1,281	1,281	0,002	0,188
1.76	-0.6067	1.18335	1,185	1,185	0,003	0,217
1.734	-0.5094	1.1217	1,116	1,116	0,027	2,415
1.649	-0.4433	1.04615	1,048	1,048	0,003	0,251
1.592	-0.3981	0.99505	0,982	0,982	0,012	1,173
1.484	-0.4134	0.9487	0,946	0,946	0,003	0,272
1.548	-0.2471	0.89755	0,897	0,897	0,001	0,134
1.426	-0.2669	0.84645	0,847	0,847	0,000	0,027
1.45	-0.1634	0.8067	0,809	0,809	0,002	0,282
1.419	0.2932	0.5629	0,563	0,563	0,000	0,027
1.025	0.1292	0.4479	0,447	0,447	0,002	0,336
1.209	0.4513	0.37885	0,378	0,378	0,001	0,176
0.9415	0.2744	0.33355	0,332	0,332	0,002	0,507
1.068	0.4692	0.2994	0,300	0,300	0,001	0,366
0.9097	0.3512	0.27925	0,280	0,280	0,001	0,232
-0.6072	-1.128	0.2604	0,260	0,260	0,000	0,171
1.11	0.6197	0.24515	0,246	0,246	0,001	0,384
0.9684	0.5784	0.195	0,195	0,195	0,002	0,863

h. Sapi 95.5% + Babi 4,5%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.973	-6.663	6.818	6.971	-6.663	6.817
2	150	4.925	-4.712	4.8185	4.701	-4.936	4.8185
3	200	3.64	-3.533	3.5865	3.726	-3.515	3.6205
4	250	2.767	-3.077	2.922	2.939	-2.861	2.9
5	300	2.483	-2.294	2.3885	2.482	-2.268	2.375
6	350	2.153	-2.01	2.0815	2.162	-1.985	2.0735
7	400	1.965	-1.742	1.8535	1.982	-1.725	1.8535
8	450	1.772	-1.573	1.6725	1.516	-1.823	1.6695
9	500	1.628	-1.389	1.5085	1.386	-1.717	1.5515
10	550	1.491	-1.294	1.3925	1.267	-1.518	1.3925
11	600	1.384	-1.159	1.2715	1.151	-1.469	1.31
12	650	1.3	-1.071	1.1855	1.05	-1.338	1.194
13	700	1.239	-0.9935	1.1163	0.9892	-1.244	1.1166
14	750	1.136	-0.9673	1.0517	1.136	-0.9587	1.0473
15	800	1.098	-0.8676	0.9828	1.098	-0.8762	0.9871
16	850	1.076	-0.8205	0.9483	0.9036	-1.01	0.9568
17	900	1.002	-0.7912	0.8966	0.7605	-1.05	0.9053
18	950	0.9695	-0.7288	0.8491	0.7195	-0.996	0.8577
19	1000	0.9159	-0.7048	0.8103	0.6832	-0.9461	0.8147
20	1500	0.6806	-0.4444	0.5625	0.6806	-0.4487	0.5647
21	2000	0.525	-0.3672	0.4461	0.5336	-0.3608	0.4472
22	2500	0.5034	-0.2552	0.3793	0.4948	-0.2639	0.3793
23	3000	0.4395	-0.2243	0.3319	0.4459	-0.2222	0.3341
24	3500	0.4136	-0.192	0.3028	0.4115	-0.192	0.3017
25	4000	0.3638	-0.2009	0.2823	0.367	-0.1955	0.2813
26	4500	0.3805	-0.1453	0.2629	0.3784	-0.1453	0.2619
27	5000	0.3585	-0.1372	0.2479	0.3542	-0.1415	0.2479
28	10000	0.2788	-0.1221	0.2005	0.2831	-0.1178	0.2005



OUTPUT 3			V	Deviasi	Kr %	
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	$\sigma$		
6.954	-6.638	6.796	6,810	6,810	0,012	0,182
4.908	-4.687	4.7975	4,812	4,812	0,012	0,252
3.433	-3.722	3.5775	3,595	3,595	0,023	0,631
2.999	-2.74	2.8695	2,897	2,897	0,026	0,910
2.465	-2.277	2.371	2,378	2,378	0,009	0,385
2.188	-1.985	2.0865	2,081	2,081	0,007	0,315
1.944	-1.789	1.8665	1,858	1,858	0,008	0,404
1.789	-1.556	1.6725	1,672	1,672	0,002	0,104
1.619	-1.381	1.5	1,520	1,520	0,028	1,816
1.491	-1.294	1.3925	1,393	1,393	0,000	0,000
1.384	-1.159	1.2715	1,284	1,284	0,022	1,731
1.3	-1.054	1.177	1,186	1,186	0,008	0,717
0.972	-1.278	1.125	1,119	1,119	0,005	0,443
1.136	-0.9673	1.05165	1,050	1,050	0,002	0,236
1.081	-0.8848	0.9829	0,984	0,984	0,002	0,249
1.042	-0.8378	0.9399	0,948	0,948	0,008	0,891
1.019	-0.774	0.8965	0,899	0,899	0,005	0,558
0.9695	-0.7201	0.8448	0,851	0,851	0,007	0,775
0.9332	-0.6875	0.81035	0,812	0,812	0,002	0,306
0.603	-0.5349	0.56895	0,565	0,565	0,003	0,581
0.5422	-0.3521	0.44715	0,447	0,447	0,001	0,139
0.4948	-0.2639	0.37935	0,379	0,379	0,000	0,008
0.4459	-0.2179	0.3319	0,333	0,333	0,001	0,373
0.4223	-0.1833	0.3028	0,302	0,302	0,001	0,200
0.3735	-0.1912	0.28235	0,282	0,282	0,001	0,225
0.3762	-0.1475	0.26185	0,262	0,262	0,001	0,231
0.3585	-0.1372	0.24785	0,248	0,248	0,000	0,000
0.2745	-0.1199	0.1972	0,199	0,199	0,002	0,941

i. Sapi 96% + Babi 4%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	5.918	-6.329	6.1235	5.927	-6.329	6.128
2	150	5.228	-4.275	4.7515	5.213	-4.275	4.744
3	200	4.229	-2.738	3.4835	4.217	-2.753	3.485
4	250	3.382	-1.972	2.677	3.36	-1.967	2.6635
5	300	3.072	-1.548	2.31	3.091	-1.548	2.3195
6	350	2.777	-1.381	2.079	2.777	-1.407	2.092
7	400	2.457	-1.293	1.875	2.448	-1.249	1.8485
8	450	2.396	-0.8932	1.6446	2.192	-1.19	1.691
9	500	1.84	-1.238	1.539	2.154	-0.8256	1.4898
10	550	2.08	-0.6455	1.3627	1.897	-0.9261	1.4115
11	600	1.829	-0.7061	1.2675	1.826	-0.7061	1.2661
12	650	1.919	-0.4569	1.1879	1.919	-0.4569	1.1879
13	700	1.738	-0.4645	1.1013	1.605	-0.7029	1.1539
14	750	1.775	-0.2727	1.0239	1.66	-0.4057	1.0329
15	800	1.698	-0.2703	0.9841	1.655	-0.3175	0.9863
16	850	0.8529	-1.042	0.9475	0.8529	-1.042	0.9475
17	900	0.8144	-0.9897	0.9021	1.325	-0.4704	0.8977
18	950	1.384	-0.2911	0.8375	1.5	-0.1803	0.8401
19	1000	1.139	-0.4962	0.8176	1.345	-0.2968	0.8209
20	1500	0.6583	-0.4808	0.5695	1.009	-0.1351	0.5721
21	2000	1.151	0.2559	0.4475	1.189	0.2936	0.4477
22	2500	1.029	0.2685	0.3803	1.002	0.2463	0.3779
23	3000	1.115	0.4498	0.3326	1.115	0.452	0.3315
24	3500	0.964	0.3567	0.3037	0.9573	0.3545	0.3014
25	4000	1.064	0.501	0.2815	1.057	0.4988	0.2791
26	4500	0.9043	0.3791	0.2626	0.911	0.3879	0.2615
27	5000	0.9413	0.4493	0.246	0.9302	0.4315	0.2493
28	10000	0.9169	0.5202	0.1983	0.9169	0.5202	0.1983



OUTPUT 3			V	Deviasi	Kr %	
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	$\sigma$		
			IMPEDANSI (M $\Omega$ )			
5.918	-6.321	6.1195	6,124	6,124	0,004	0,069
5.223	-4.275	4.749	4,748	4,748	0,004	0,080
4.212	-2.749	3.4805	3,483	3,483	0,002	0,066
3.379	-1.969	2.674	2,672	2,672	0,007	0,265
2.884	-2.138	2.511	2,380	2,380	0,113	4,765
2.759	-1.399	2.079	2,083	2,083	0,008	0,360
2.413	-1.302	1.8575	1,860	1,860	0,013	0,724
2.174	-1.199	1.6865	1,674	1,674	0,026	1,529
1.84	-1.234	1.537	1,522	1,522	0,028	1,830
1.894	-0.9312	1.4126	1,396	1,396	0,028	2,041
1.493	-1.147	1.32	1,285	1,285	0,031	2,392
1.91	-0.4658	1.1879	1,188	1,188	0,000	0,002
1.729	-0.4786	1.1038	1,120	1,120	0,030	2,654
1.545	-0.6539	1.09945	1,052	1,052	0,041	3,925
1.72	-0.2481	0.98405	0,985	0,985	0,001	0,126
0.852	-1.042	0.947	0,947	0,947	0,000	0,027
1.338	-0.4659	0.90195	0,901	0,901	0,002	0,276
0.9412	-0.823	0.8821	0,853	0,853	0,025	2,930
1.33	-0.2923	0.81115	0,817	0,817	0,005	0,607
1.204	0.07766	0.56317	0,568	0,568	0,005	0,806
1.176	0.2758	0.4501	0,448	0,448	0,001	0,319
0.9755	0.2131	0.3812	0,380	0,380	0,002	0,455
1.066	0.3988	0.3336	0,333	0,333	0,001	0,316
0.9307	0.3301	0.3003	0,302	0,302	0,002	0,566
1.048	0.4832	0.2824	0,281	0,281	0,002	0,607
0.9066	0.3902	0.2582	0,261	0,261	0,002	0,881
0.989	0.5003	0.24435	0,247	0,247	0,003	1,033
0.9102	0.5091	0.20055	0,199	0,199	0,00127	0,638

j. Sapi 96,5% + Babi 3,5%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.406	-6.663	6.5345	6.397	-6.663	6.53
2	150	5.126	-4.492	4.809	5.13	-4.502	4.816
3	200	3.956	-3.184	3.57	3.95	-3.191	3.5705
4	250	3.258	-2.554	2.906	3.258	-2.555	2.9065
5	300	2.74	-2.018	2.379	2.737	-2.037	2.387
6	350	2.432	-1.726	2.079	2.433	-1.743	2.088
7	400	2.024	-1.729	1.8765	2.189	-1.516	1.8525
8	450	1.959	-1.382	1.6705	1.938	-1.399	1.6685
9	500	1.772	-1.263	1.5175	1.697	-1.358	1.5275
10	550	1.604	-1.191	1.3975	1.607	-1.192	1.3995
11	600	1.698	-0.8707	1.2843	1.795	-0.7799	1.2875
12	650	1.365	-1.028	1.1965	1.441	-0.9262	1.1836
13	700	1.285	-0.9603	1.1227	1.309	-0.932	1.1205
14	750	1.15	-0.9586	1.0543	1.212	-0.8937	1.0529
15	800	1.168	-0.8087	0.9883	1.164	-0.7998	0.9819
16	850	1.113	-0.7975	0.9553	1.06	-0.8341	0.9471
17	900	0.9895	-0.8102	0.8999	0.9939	-0.8057	0.8998
18	950	1.032	-0.6747	0.8533	1.045	-0.6703	0.8577
19	1000	0.9829	-0.6527	0.8178	0.9874	-0.6527	0.8201
20	1500	0.7122	-0.4314	0.5718	0.7122	-0.4314	0.5718
21	2000	0.5165	-0.3766	0.4465	0.5058	-0.3861	0.4459
22	2500	0.4704	-0.2854	0.3779	0.4726	-0.2854	0.379
23	3000	0.4008	-0.2707	0.3357	0.4274	-0.2331	0.3303
24	3500	0.3978	-0.2006	0.2992	0.3801	-0.2227	0.3014
25	4000	0.4154	-0.1453	0.2803	0.3888	-0.1741	0.2815
26	4500	0.3139	-0.2069	0.2604	0.4203	-0.0983	0.2593
27	5000	0.3149	-0.1816	0.2483	0.3459	-0.1484	0.2471
28	10000	0.4077	0.0132	0.1973	0.4033	0.00987	0.1967



OUTPUT 3			V	Deviasi	Kr %	
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	$\sigma$		
			IMPEDANSI (M $\Omega$ )			
6.379	-6.663	6.521	6,529	6,529	0,007	0,105
5.121	-4.511	4.816	4,814	4,814	0,004	0,084
3.959	-3.184	3.5715	3,571	3,571	0,001	0,021
3.254	-2.547	2.9005	2,904	2,904	0,003	0,115
2.743	-2.025	2.384	2,383	2,383	0,004	0,170
2.435	-1.742	2.0885	2,085	2,085	0,005	0,256
2.171	-1.545	1.858	1,862	1,862	0,013	0,675
1.962	-1.416	1.689	1,676	1,676	0,011	0,674
1.755	-1.296	1.5255	1,524	1,524	0,005	0,347
1.603	-1.197	1.4	1,399	1,399	0,001	0,095
1.679	-0.9068	1.2929	1,288	1,288	0,004	0,336
1.379	-1.006	1.1925	1,191	1,191	0,007	0,554
1.287	-0.9625	1.12475	1,123	1,123	0,002	0,189
1.207	-0.9026	1.0548	1,054	1,054	0,001	0,096
1.182	-0.8043	0.99315	0,988	0,988	0,006	0,571
1.038	-0.8552	0.9466	0,950	0,950	0,005	0,513
1.007	-0.7969	0.90195	0,901	0,901	0,001	0,136
0.9166	-0.79	0.8533	0,855	0,855	0,002	0,292
0.9652	-0.6793	0.82225	0,820	0,820	0,002	0,271
0.6945	-0.4362	0.56535	0,570	0,570	0,004	0,654
0.555	-0.3372	0.4461	0,446	0,446	0,000	0,070
0.5258	-0.2231	0.37445	0,377	0,377	0,002	0,630
0.3964	-0.2685	0.33245	0,333	0,333	0,003	0,832
0.4688	-0.1341	0.30145	0,301	0,301	0,001	0,427
0.4243	-0.1364	0.28035	0,281	0,281	0,001	0,226
0.3339	-0.187	0.26045	0,260	0,260	0,001	0,247
0.368	-0.1218	0.2449	0,247	0,247	0,002	0,692
0.4044	0.00655	0.19893	0,198	0,198	0,001	0,584

k. Sapi 97% + Babi 3%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	7.348	-6.214	6.781	7.357	-6.214	6.7855
2	150	5.029	-3.831	4.43	5.018	-3.831	4.4245
3	200	4.179	-3.035	3.607	4.182	-3.04	3.611
4	250	3.338	-2.176	2.757	3.357	-2.162	2.7595
5	300	2.838	-2.159	2.4985	2.873	-1.778	2.3255
6	350	2.712	-1.467	2.0895	2.712	-1.467	2.0895
7	400	2.392	-1.289	1.8405	2.215	-1.532	1.8735
8	450	2.232	-1.181	1.7065	2.226	-1.002	1.614
9	500	2.03	-1.025	1.5275	2.024	-1.023	1.5235
10	550	1.887	-0.9224	1.4047	1.882	-0.9261	1.4041
11	600	1.834	-0.7103	1.2721	1.72	-0.892	1.306
12	650	1.659	-0.7489	1.2039	1.744	-0.5879	1.1659
13	700	1.573	-0.6788	1.1259	1.573	-0.6688	1.1209
14	750	1.605	-0.5051	1.0551	1.605	-0.5051	1.0551
15	800	1.565	-0.3857	0.9753	1.534	-0.4788	1.0064
16	850	1.461	-0.4313	0.9461	1.342	-0.5732	0.9576
17	900	1.374	-0.4257	0.8999	1.356	-0.4479	0.9019
18	950	1.311	-0.4043	0.8577	1.307	-0.4043	0.8557
19	1000	0.999	-0.6189	0.8089	1.119	-0.548	0.8335
20	1500	0.7481	-0.3911	0.5696	0.9312	-0.2146	0.5729
21	2000	0.9095	-0.0053	0.4574	0.925	0.04738	0.4388
22	2500	0.7787	0.01408	0.3823	0.7366	-0.0258	0.3812
23	3000	0.8023	0.1396	0.3313	0.8045	0.1352	0.3347
24	3500	0.6982	0.09593	0.3011	0.6915	0.0909	0.3003
25	4000	0.7436	0.1806	0.2815	0.7347	0.1651	0.2848
26	4500	0.6666	0.1458	0.2604	0.6666	0.1413	0.2627
27	5000	0.7037	0.2106	0.2465	0.7048	0.2095	0.2477
28	10000	0.5897	0.1908	0.1994	0.5875	0.193	0.1972





OUTPUT 3			V		Deviasi	Kr %
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (M $\Omega$ )	$\sigma$	
7.366	-6.205	6.7855	6,784	6,784	0,003	0,038
5.027	-3.798	4.4125	4,422	4,422	0,009	0,202
4.173	-3.02	3.5965	3,605	3,605	0,007	0,208
3.351	-2.153	2.752	2,756	2,756	0,004	0,139
2.877	-1.782	2.3295	2,385	2,385	0,099	4,141
2.706	-1.466	2.086	2,088	2,088	0,002	0,097
2.22	-1.537	1.8785	1,864	1,864	0,021	1,108
2.257	-1.171	1.714	1,678	1,678	0,056	3,319
2.029	-1.023	1.526	1,526	1,526	0,002	0,132
1.877	-0.9172	1.3971	1,402	1,402	0,004	0,300
1.706	-0.8781	1.29205	1,290	1,290	0,017	1,319
1.659	-0.7674	1.2132	1,194	1,194	0,025	2,097
1.577	-0.6876	1.1323	1,126	1,126	0,006	0,507
1.605	-0.5051	1.05505	1,055	1,055	0,000	0,000
1.503	-0.4788	0.9909	0,991	0,991	0,016	1,567
1.475	-0.4358	0.9554	0,953	0,953	0,006	0,638
1.361	-0.4479	0.90445	0,902	0,902	0,002	0,255
1.284	-0.4309	0.85745	0,857	0,857	0,001	0,129
1.238	-0.415	0.8265	0,823	0,823	0,013	1,537
0.9283	-0.2193	0.5738	0,572	0,572	0,002	0,387
0.8386	-0.06122	0.44991	0,449	0,449	0,009	2,083
0.7743	0.01851	0.37789	0,380	0,380	0,002	0,604
0.8045	0.1396	0.33245	0,333	0,333	0,002	0,505
0.696	0.09312	0.30144	0,301	0,301	0,001	0,196
0.7436	0.1828	0.2804	0,282	0,282	0,002	0,811
0.6688	0.1502	0.2593	0,261	0,261	0,002	0,655
0.7137	0.2161	0.2488	0,248	0,248	0,001	0,454
0.5886	0.1941	0.19725	0,198	0,198	0,001	0,642

1. Sapi 97,5% + Babi 2,5%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.972	-6.343	6.6575	6.972	-6.378	6.675
2	150	4.913	-4.67	4.7915	4.915	-4.659	4.787
3	200	3.809	-3.105	3.457	3.809	-3.105	3.457
4	250	3.22	-2.475	2.8475	3.215	-2.466	2.8405
5	300	2.781	-2.107	2.444	2.724	-1.987	2.3555
6	350	2.418	-1.722	2.07	2.454	-1.802	2.128
7	400	2.271	-1.462	1.8665	2.266	-1.465	1.8655
8	450	2.063	-1.301	1.682	2.062	-1.297	1.6795
9	500	1.936	-1.117	1.5265	1.936	-1.122	1.529
10	550	1.795	-0.9979	1.3965	1.768	-1.078	1.423
11	600	1.687	-0.8759	1.2815	1.669	-0.9579	1.3134
12	650	1.6	-0.7933	1.1967	1.609	-0.7844	1.1967
13	700	1.526	-0.7297	1.1279	1.518	-0.7341	1.1261
14	750	1.45	-0.6644	1.0572	1.446	-0.6688	1.0574
15	800	1.358	-0.6277	0.9929	1.367	-0.6233	0.9951
16	850	1.303	-0.5901	0.9465	1.294	-0.6167	0.9553
17	900	1.303	-0.5009	0.9019	1.303	-0.5098	0.9064
18	950	1.257	-0.4625	0.8597	1.257	-0.4625	0.8597
19	1000	1.216	-0.4282	0.8221	1.194	-0.4637	0.8289
20	1500	0.9939	-0.1497	0.5718	0.9806	-0.1763	0.5785
21	2000	0.8629	-0.0369	0.4499	0.8629	-0.0369	0.4499
22	2500	0.7824	0.01117	0.3856	0.8002	0.03998	0.3801
23	3000	0.7214	0.06534	0.3280	0.7391	0.06313	0.338
24	3500	0.7021	0.1037	0.2992	0.7132	0.09848	0.3074
25	4000	0.7095	0.1443	0.2826	0.7073	0.1488	0.2792
26	4500	0.6743	0.149	0.2627	0.6477	0.1291	0.2593
27	5000	0.6307	0.1342	0.2483	0.6152	0.1187	0.2483
28	10000	0.4143	0.0131	0.2006	0.4231	0.03083	0.1961



OUTPUT 3			V		Deviasi	Kr %
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (MΩ)	$\sigma$	
6,963	-6,351	6.657	6,663	6,663	0,010	0,154
4.906	-4.669	4.7875	4,789	4,789	0,002	0,052
3.834	-3.096	3.465	3,460	3,460	0,005	0,134
3.215	-2.456	2.8355	2,841	2,841	0,006	0,212
2.724	-1.998	2.361	2,387	2,387	0,050	2,077
2.4327	-1.713	2.07285	2,090	2,090	0,033	1,564
2.266	-1.465	1.8655	1,866	1,866	0,001	0,031
2.062	-1.293	1.6775	1,680	1,680	0,002	0,134
1.933	-1.122	1.5275	1,528	1,528	0,001	0,082
1.795	-0.9979	1.39645	1,405	1,405	0,015	1,091
1.684	-0.8824	1.2832	1,293	1,293	0,018	1,392
1.6	-0.7888	1.1944	1,196	1,196	0,001	0,110
1.526	-0.7341	1.13005	1,128	1,128	0,002	0,178
1.446	-0.6644	1.0552	1,057	1,057	0,001	0,115
1.358	-0.6233	0.99065	0,993	0,993	0,002	0,227
1.329	-0.5901	0.95955	0,954	0,954	0,007	0,696
1.308	-0.492	0.9	0,903	0,903	0,003	0,363
1.253	-0.4536	0.8533	0,858	0,858	0,004	0,434
1.221	-0.4238	0.8224	0,824	0,824	0,004	0,463
0.9186	-0.2251	0.57185	0,574	0,574	0,004	0,666
0.8452	-0.05466	0.44993	0,450	0,450	0,000	0,002
0.7802	0.03112	0.37454	0,380	0,380	0,006	1,457
0.7192	0.05648	0.33136	0,332	0,332	0,005	1,524
0.7065	0.1059	0.3003	0,302	0,302	0,004	1,465
0.7028	0.1377	0.28255	0,281	0,281	0,002	0,682
0.6543	0.1335	0.2604	0,261	0,261	0,002	0,655
0.5908	0.101	0.2449	0,247	0,247	0,002	0,783
0.4231	0.02418	0.19946	0,199	0,199	0,002	1,167

m. Sapi 98% + Babi 2%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	5.936	-5	5.468	5.91	-5	5.455
2	150	4.805	-4.234	4.5195	4.823	-4.234	4.5285
3	200	3.885	-2.667	3.276	3.881	-2.658	3.2695
4	250	3.45	-2.037	2.7435	3.448	-2.028	2.738
5	300	2.6	-2.241	2.4205	2.941	-1.691	2.316
6	350	2.68	-1.513	2.0965	2.672	-1.513	2.0925
7	400	2.343	-1.407	1.875	2.352	-1.389	1.8705
8	450	2.063	-1.306	1.6845	2.063	-1.297	1.68
9	500	2.06	-1.008	1.534	2.078	-0.9899	1.5339
10	550	2.042	-0.7771	1.4095	2.06	-0.7506	1.4053
11	600	1.9	-0.6884	1.2942	1.909	-0.6885	1.2987
12	650	1.848	-0.5545	1.2013	1.91	-0.4215	1.1657
13	700	1.708	-0.5616	1.1348	1.797	-0.4197	1.1083
14	750	1.761	-0.3487	1.0549	1.593	-0.526	1.0595
15	800	1.667	-0.3231	0.9951	1.667	-0.3231	0.9951
16	850	1.645	-0.2656	0.9553	1.645	-0.27	0.9575
17	900	1.602	-0.189	0.8955	1.553	-0.2688	0.9109
18	950	1.564	-0.1561	0.8601	1.568	-0.1517	0.8599
19	1000	1.499	-0.1231	0.8111	1.424	-0.2428	0.8334
20	1500	1.297	0.1489	0.5741	1.279	0.1312	0.5739
21	2000	1.199	0.3077	0.4457	1.188	0.2789	0.4545
22	2500	1.066	0.3077	0.3791	1.081	0.3232	0.3789
23	3000	1.083	0.4161	0.3335	1.065	0.3983	0.3333
24	3500	1.026	0.4294	0.2983	1.023	0.4161	0.3035
25	4000	1.034	0.4732	0.2804	1.027	0.4688	0.2791
26	4500	0.997	0.4806	0.2582	0.9981	0.4695	0.2643
27	5000	0.9703	0.4783	0.246	0.9593	0.4606	0.2493
28	10000	0.9263	0.5296	0.1983	0.9374	0.534	0.2017



OUTPUT 3			V		Deviasi	Kr %
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (M $\Omega$ )	$\sigma$	
5.918	-5	5.459	5,461	5,461	0,007	0,122
4.805	-4.234	4.5195	4,523	4,523	0,005	0,115
3.877	-2.648	3.2625	3,269	3,269	0,007	0,207
3.448	-2.03	2.739	2,740	2,740	0,003	0,107
2.6	-2.259	2.4295	2,389	2,389	0,063	2,641
2.672	-1.513	2.0925	2,094	2,094	0,002	0,110
2.352	-1.38	1.866	1,871	1,871	0,005	0,241
2.072	-1.297	1.6845	1,683	1,683	0,003	0,154
2.086	-0.9721	1.52905	1,532	1,532	0,003	0,186
2.06	-0.7594	1.4097	1,408	1,408	0,002	0,177
1.882	-0.7062	1.2941	1,296	1,296	0,003	0,205
1.875	-0.5811	1.22805	1,198	1,198	0,031	2,608
1.708	-0.5882	1.1481	1,130	1,130	0,020	1,790
1.602	-0.526	1.064	1,059	1,059	0,005	0,432
1.676	-0.3186	0.9973	0,996	0,996	0,001	0,130
1.605	-0.3099	0.95745	0,957	0,957	0,001	0,131
1.535	-0.2866	0.9108	0,906	0,906	0,009	0,978
1.559	-0.1606	0.8598	0,860	0,860	0,000	0,015
1.424	-0.2428	0.8334	0,826	0,826	0,013	1,562
1.266	0.1135	0.57625	0,575	0,575	0,001	0,229
1.188	0.29	0.449	0,450	0,450	0,004	1,000
1.068	0.3055	0.38125	0,380	0,380	0,001	0,340
1.041	0.3806	0.3302	0,332	0,332	0,002	0,556
1.021	0.4139	0.30355	0,302	0,302	0,003	0,995
1.021	0.4621	0.27945	0,280	0,280	0,001	0,241
0.997	0.4784	0.2593	0,261	0,261	0,003	1,248
0.9703	0.4805	0.2449	0,247	0,247	0,002	0,939
0.9351	0.5384	0.19835	0,199	0,199	0,002	0,970

n. Sapi 98,5% + Babi 1,5%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.647	-5.376	6.0115	6.647	-5.412	6.0295
2	150	4.818	-3.349	4.0835	4.818	-3.349	4.0835
3	200	4.33	-2.758	3.544	4.334	-2.755	3.5445
4	250	3.624	-1.999	2.8115	3.637	-2.004	2.8205
5	300	3.211	-1.691	2.451	3.184	-1.363	2.2735
6	350	2.826	-1.376	2.101	2.844	-1.349	2.0965
7	400	2.605	-1.136	1.8705	2.605	-1.154	1.8795
8	450	2.462	-0.907	1.6845	2.471	-0.9071	1.6891
9	500	2.318	-0.7583	1.5381	2.327	-0.7405	1.5337
10	550	2.085	-0.7223	1.4037	2.085	-0.7384	1.4117
11	600	2.16	-0.4286	1.2943	2.16	-0.4375	1.2987
12	650	2.092	-0.3104	1.2012	2.092	-0.3104	1.2012
13	700	2.003	-0.2673	1.1351	1.994	-0.2666	1.1303
14	750	1.954	-0.1735	1.0637	1.954	-0.1691	1.0615
15	800	1.888	-0.1107	0.9993	1.888	-0.1152	1.0016
16	850	1.829	-0.0904	0.9597	1.82	-0.0993	0.9597
17	900	1.69	-0.1186	0.9043	1.694	-0.1275	0.9107
18	950	1.682	-0.042	0.862	1.682	-0.0464	0.8642
19	1000	1.667	-0.0139	0.8405	1.707	0.04497	0.8310
20	1500	1.455	0.3027	0.5761	1.456	0.2991	0.5785
21	2000	1.388	0.4885	0.4497	1.391	0.4952	0.4479
22	2500	1.286	0.5389	0.3735	1.315	0.5567	0.3791
23	3000	1.295	0.6325	0.3313	1.282	0.617	0.3325
24	3500	1.228	0.6299	0.2991	1.237	0.6366	0.3002
25	4000	1.239	0.6759	0.2815	1.234	0.6781	0.2779
26	4500	1.168	0.6451	0.2615	1.164	0.6429	0.2605
27	5000	1.215	0.7165	0.2492	1.211	0.7188	0.2461
28	10000	1.116	0.717	0.1995	1.118	0.7192	0.1994

**OUTPUT 3**

OUTPUT 3			<b>v</b>	<b>Deviasi</b>	<b>Kr %</b>	
<b>Vatas (V)</b>	<b>Vbawah (V)</b>	<b>Vrata 3 (V)</b>	<b>Total (V)</b>	<b><math>\sigma</math></b>		
6.673	-5.394	6.0335	6,025	6,025	0,012	0,195
4.818	-3.341	4.0795	4,082	4,082	0,002	0,057
4.325	-2.75	3.5375	3,542	3,542	0,004	0,110
3.629	-2.004	2.8165	2,816	2,816	0,005	0,160
3.211	-1.691	2.451	2,392	2,392	0,102	4,285
2.8	-1.385	2.0925	2,097	2,097	0,004	0,203
2.588	-1.162	1.875	1,875	1,875	0,005	0,240
2.463	-0.9071	1.68505	1,686	1,686	0,002	0,147
2.327	-0.7405	1.53375	1,535	1,535	0,003	0,165
2.093	-0.7384	1.4157	1,410	1,410	0,006	0,435
2.164	-0.4375	1.30075	1,298	1,298	0,003	0,254
2.11	-0.2927	1.20135	1,201	1,201	0,000	0,007
2.003	-0.2666	1.1348	1,133	1,133	0,003	0,239
1.959	-0.1647	1.06185	1,062	1,062	0,001	0,112
1.906	-0.0797	0.99285	0,998	0,998	0,005	0,455
1.82	-0.09929	0.95965	0,960	0,960	0,000	0,004
1.712	-0.1053	0.90865	0,908	0,908	0,003	0,362
1.704	-0.02424	0.86412	0,863	0,863	0,001	0,146
1.729	0.107	0.811	0,827	0,827	0,015	1,818
1.476	0.3301	0.57295	0,576	0,576	0,003	0,480
1.373	0.4708	0.4511	0,450	0,450	0,002	0,357
1.295	0.5212	0.3869	0,380	0,380	0,007	1,765
1.289	0.6214	0.3338	0,333	0,333	0,001	0,383
1.233	0.6188	0.3071	0,302	0,302	0,004	1,441
1.254	0.6825	0.28575	0,282	0,282	0,004	1,386
1.166	0.6451	0.26045	0,261	0,261	0,001	0,211
1.211	0.7165	0.24725	0,248	0,248	0,002	0,644
1.123	0.7281	0.19745	0,199	0,199	0,001	0,581

o. Sapi 99% + Babi 1%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.127	-5.463	5.795	6.123	-5.458	5.7905
2	150	3.847	-4.575	4.211	3.829	-4.596	4.2125
3	200	3.787	-2.981	3.384	3.796	-3	3.398
4	250	3.148	-2.573	2.8605	3.169	-2.545	2.857
5	300	2.722	-2.069	2.3955	2.713	-2.069	2.391
6	350	2.507	-1.695	2.101	2.489	-1.704	2.0965
7	400	1.821	-1.937	1.879	1.813	-1.946	1.8795
8	450	2.004	-1.364	1.684	1.712	-1.666	1.689
9	500	1.822	-1.218	1.52	1.645	-1.44	1.5425
10	550	1.566	-1.26	1.413	1.576	-1.243	1.4095
11	600	1.413	-1.195	1.304	1.6	-0.9969	1.2985
12	650	1.642	-0.7541	1.1981	1.648	-0.7718	1.2099
13	700	1.43	-0.8435	1.1367	1.422	-0.8435	1.1327
14	750	1.458	-0.6786	1.0683	1.44	-0.6963	1.0681
15	800	1.43	-0.5643	0.9971	1.435	-0.5687	1.0018
16	850	1.371	-0.5526	0.9618	1.362	-0.5659	0.9639
17	900	1.227	-0.5861	0.9065	1.329	-0.4931	0.9111
18	950	1.309	-0.4196	0.8643	1.283	-0.4418	0.8624
19	1000	1.194	-0.4703	0.8321	1.214	-0.4393	0.8267
20	1500	1.045	-0.1208	0.5829	1.089	-0.0521	0.5705
21	2000	0.9331	0.03774	0.4477	0.9575	0.05325	0.4521
22	2500	0.8999	0.1397	0.3801	0.8888	0.1414	0.3737
23	3000	0.8235	0.1674	0.3281	0.8345	0.1586	0.3379
24	3500	0.8373	0.2367	0.3003	0.8362	0.229	0.3036
25	4000	0.7885	0.2267	0.2809	0.7852	0.2244	0.2804
26	4500	0.8087	0.289	0.2599	0.7976	0.2857	0.2559
27	5000	0.7386	0.2355	0.2515	0.7231	0.2266	0.2483
28	10000	0.7124	0.3168	0.1978	0.7179	0.3179	0.2





OUTPUT 3			V		Deviasi	Kr %
Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 3 (V)	Total (V)	IMPEDANSI (MΩ)	$\sigma$	
6.136	-5.454	5.795	5,794	5,794	0,003	0,045
3.834	-4.579	4.2065	4,210	4,210	0,003	0,074
3.781	-2.991	3.386	3,389	3,389	0,008	0,223
3.163	-2.541	2.852	2,857	2,857	0,004	0,150
2.712	-2.086	2.399	2,395	2,395	0,004	0,167
2.498	-1.704	2.101	2,100	2,100	0,003	0,124
1.795	-1.955	1.875	1,878	1,878	0,002	0,131
1.712	-1.675	1.6935	1,689	1,689	0,005	0,281
1.645	-1.467	1.556	1,540	1,540	0,018	1,181
1.568	-1.26	1.414	1,412	1,412	0,002	0,167
1.605	-0.9924	1.2987	1,300	1,300	0,003	0,241
1.644	-0.763	1.2035	1,204	1,204	0,006	0,493
1.439	-0.839	1.139	1,136	1,136	0,003	0,279
1.44	-0.6786	1.0593	1,065	1,065	0,005	0,484
1.439	-0.5643	1.00165	1,000	1,000	0,003	0,266
1.384	-0.5393	0.96165	0,962	0,962	0,001	0,134
1.329	-0.4975	0.91325	0,910	0,910	0,003	0,375
1.198	-0.5437	0.87085	0,866	0,866	0,004	0,512
1.112	-0.5457	0.82885	0,829	0,829	0,003	0,334
1.094	-0.05897	0.57649	0,577	0,577	0,006	1,073
0.9486	0.04882	0.44989	0,450	0,450	0,002	0,494
0.9065	0.1353	0.3856	0,380	0,380	0,006	1,568
0.819	0.1541	0.33245	0,333	0,333	0,005	1,490
0.8384	0.2389	0.29975	0,301	0,301	0,002	0,691
0.7951	0.2344	0.28035	0,281	0,281	0,000	0,108
0.8131	0.2857	0.2637	0,260	0,260	0,004	1,491
0.6965	0.2067	0.2449	0,248	0,248	0,003	1,339
0.7146	0.3145	0.20005	0,199	0,199	0,001	0,645

p. Sapi 99.5% + Babi 0,5%

No	Frekuensi (Hz)	OUTPUT 1			OUTPUT 2		
		Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 1 (V)	Vatas (V)	Vbawah (V)	Vrata 2 (V)
1	100	6.178	-6.009	6.0935	5.73	-5.837	5.7835
2	150	4.578	-4.143	4.3605	4.482	-4.575	4.5285
3	200	3.589	-3.142	3.3655	3.46	-3.461	3.4605
4	250	3.033	-2.559	2.796	2.905	-2.806	2.8555
5	300	2.359	-2.469	2.414	2.568	-2.208	2.388
6	350	2.108	-2.089	2.0985	2.108	-2.089	2.0985
7	400	1.858	-1.908	1.883	1.858	-1.901	1.8795
8	450	1.743	-1.636	1.6895	1.575	-1.804	1.6895
9	500	1.561	-1.527	1.544	1.571	-1.516	1.5435
10	550	1.569	-1.269	1.419	1.452	-1.375	1.4135
11	600	1.211	-1.412	1.3115	1.334	-1.268	1.301
12	650	1.346	-1.088	1.217	1.333	-1.081	1.207
13	700	1.069	-1.21	1.1395	1.262	-1.012	1.137
14	750	1.011	-1.139	1.075	1.002	-1.138	1.07
15	800	1.127	-0.8951	1.0111	1.029	-0.9774	1.0032
16	850	1.088	-0.851	0.9695	1.088	-0.8407	0.9643
17	900	0.931	-0.8952	0.9131	0.8538	-0.9775	0.9157
18	950	0.8648	-0.851	0.8579	0.9648	-0.7687	0.8667
19	1000	0.79	-0.8738	0.8319	0.9454	-0.711	0.8282
20	1500	0.8266	-0.3246	0.5756	0.8051	-0.372	0.5885
21	2000	0.7027	-0.1938	0.4483	0.6855	-0.2154	0.4505
22	2500	0.6533	-0.1096	0.3815	0.6404	-0.1182	0.3793
23	3000	0.5811	-0.0827	0.3319	0.594	-0.0741	0.3341
24	3500	0.58	-0.0234	0.3017	0.5757	-0.0320	0.3039
25	4000	0.5514	-0.0111	0.2812	0.5514	-0.0111	0.2812
26	4500	0.5386	0.01707	0.2608	0.5343	0.01276	0.2608
27	5000	0.5318	0.0383	0.2467	0.5318	0.0383	0.2467
28	10000	-0.067	-0.4615	0.1972	-0.067	-0.4598	0.1963



OUTPUT 3			<b>v</b>	<b>Deviasi</b>	<b>Kr %</b>	
<b>Vatas</b>	<b>Vbawah</b>	<b>Vrata 3</b>	<b>Total</b>	<b><math>\sigma</math></b>		
<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>(V)</b>	<b>IMPEDANSI</b>		
				<b>(M<math>\Omega</math>)</b>		
6.178	-6.038	6.108	5,995	5,995	0,183	3,058
4.587	-4.137	4.362	4,417	4,417	0,097	2,186
3.443	-3.469	3.456	3,427	3,427	0,054	1,564
2.627	-3.021	2.824	2,825	2,825	0,030	1,054
2.568	-2.208	2.388	2,397	2,397	0,015	0,626
2.113	-2.107	2.11	2,102	2,102	0,007	0,316
1.858	-1.901	1.8795	1,881	1,881	0,002	0,107
1.712	-1.669	1.6905	1,690	1,690	0,001	0,034
1.592	-1.496	1.544	1,544	1,544	0,000	0,019
1.314	-1.515	1.4145	1,416	1,416	0,003	0,207
1.242	-1.392	1.317	1,310	1,310	0,008	0,621
1.315	-1.093	1.204	1,209	1,209	0,007	0,563
0.9869	-1.302	1.14445	1,140	1,140	0,004	0,332
1.197	-0.9323	1.06465	1,070	1,070	0,005	0,484
1.036	-0.9726	1.0043	1,006	1,006	0,004	0,422
0.9906	-0.9384	0.9645	0,966	0,966	0,003	0,303
0.8487	-0.9775	0.9131	0,914	0,914	0,001	0,161
0.968	-0.7648	0.8664	0,864	0,864	0,005	0,580
0.9505	-0.711	0.83075	0,830	0,830	0,002	0,228
0.8482	-0.2854	0.5668	0,577	0,577	0,011	1,896
0.6855	-0.2154	0.45045	0,450	0,450	0,001	0,282
0.6447	-0.1096	0.37715	0,379	0,379	0,002	0,567
0.594	-0.06975	0.33187	0,333	0,333	0,001	0,373
0.5844	-0.01694	0.30067	0,302	0,302	0,002	0,539
0.5557	-0.00464	0.28017	0,281	0,281	0,001	0,223
0.5257	0.008447	0.25863	0,260	0,260	0,001	0,475
0.5361	0.0383	0.2489	0,247	0,247	0,001	0,502
-0.0714	-0.4593	0.19395	0,196	0,196	0,002	0,2

Lampiran 3 Tabel Selisih/Perbedaan Antar Sampel

FREKUENSI	NILAI PENURUNAN										RATA RATA SELISIH ANTAR SAMPEL	RATA RATA %			
	SAPI 100%	BABI 100%	SAPI 75% BABI 25%	SAPI 80% BABI 20%	SAPI 85% BABI 15%	SAPI 90% BABI 10%	SAPI 95% BABI 5%	SAPI 99.5% BABI 4.5%	SAPI 97% BABI 3%	SAPI 96.5% BABI 3.5%			SAPI 97.5% BABI 2.5%	SAPI 98% BABI 2%	SAPI 98.5% BABI 1.5%
100	0.232	-0.158	0.027	-0.167	0.310	-0.522	0.473	0.405	-0.256	-0.121	-1.203	0.564	-0.231	0.202	0.485
150	0.373	0.090	0.303	0.112	0.001	-0.185	0.294	-0.063	-0.391	0.366	-0.266	-0.440	0.128	0.207	0.153
200	0.180	0.145	0.330	0.046	-0.184	0.006	0.063	-0.112	0.088	0.088	-0.145	-0.190	0.273	-0.153	0.038
250	0.214	0.076	0.156	0.049	0.091	-0.010	-0.037	-0.226	0.233	-0.148	-0.101	0.076	0.040	-0.031	-0.039
300	0.343	0.123	-0.013	0.070	0.019	0.018	0.023	0.003	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.009
350	0.258	0.088	0.089	0.046	-0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.009
400	0.296	0.082	0.100	0.032	0.027	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.005	0.004	0.003	0.003	0.046
450	0.271	0.136	0.039	0.020	0.009	0.006	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.001	0.040
500	0.265	0.098	0.080	0.017	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.003	0.004	0.004	0.038
550	0.206	0.108	0.028	0.006	0.025	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.004	0.010
600	0.201	0.076	0.044	0.029	0.014	0.003	0.003	0.000	0.004	0.002	0.003	0.002	0.002	0.009	0.006
650	0.184	0.097	0.023	0.019	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.006	0.014
700	0.185	0.083	0.020	0.030	0.007	0.001	0.004	0.000	0.004	0.004	0.002	0.002	0.003	0.004	0.018
750	0.177	0.083	0.039	0.010	0.010	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005	0.011
800	0.145	0.073	0.016	0.023	0.009	0.003	0.003	0.001	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.006	-0.003
850	0.170	0.083	0.034	0.013	0.008	0.003	0.003	-0.001	0.002	0.003	0.001	0.003	0.003	0.004	0.007
900	0.159	0.082	0.016	0.007	0.028	0.003	0.002	0.001	0.000	0.002	0.001	0.002	0.002	0.004	0.006
950	0.136	0.078	0.019	0.009	0.008	0.002	0.004	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004	-0.002	0.002
1000	0.132	0.085	0.008	0.007	0.006	0.003	0.003	0.005	0.003	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002
1500	0.096	0.057	0.016	0.004	0.002	0.003	0.002	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.001	0.000	0.003
2000	0.074	0.045	0.011	0.005	0.001	0.001	0.000	0.002	-0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.009	0.002
2500	0.065	0.050	0.003	0.004	0.004	0.001	0.001	0.000	-0.003	0.003	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.002
3000	0.054	0.040	0.002	0.003	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001
3500	0.055	0.041	0.002	0.007	0.001	0.002	0.002	-0.001	-0.001	0.000	0.001	-0.001	0.000	0.001	0.001
4000	0.053	0.037	0.000	0.012	0.001	0.001	0.002	-0.001	0.000	0.002	-0.001	-0.002	-0.001	0.000	0.001



Lampiran 4 Persamaan Garis Pada Grafik

**a. Frekuensi 100 Hz – 10 kHz**

Sampel	persamaan	R <sup>2</sup>
Sapi 100%	$y = -0,841\ln(x) + 7,3$	0,7076
Babi 100%	$y = -0,772\ln(x) + 6,6631$	0,6678
Sapi 75% Babi 25%	$y = -0,785\ln(x) + 6,8143$	0,6963
Sapi 80% Babi 20%	$y = -0,843\ln(x) + 7,2943$	0,6762
Sapi 85% Babi 15%	$y = -0,848\ln(x) + 7,3365$	0,6877
Sapi 90% Babi 10%	$y = -0,86\ln(x) + 7,4341$	0,6784
Sapi 95% Babi 5%	$y = -0,832\ln(x) + 7,2142$	0,7038
Sapi 95,5% Babi 4,5%	$y = -0,862\ln(x) + 7,4628$	0,6796
Sapi 96% Babi 4%	$y = -0,862\ln(x) + 7,4628$	0,6796
Sapi 96,5% Babi 3,5%	$y = -0,852\ln(x) + 7,3771$	0,6927
Sapi 97% Babi 3%	$y = -0,846\ln(x) + 7,3294$	0,6857
Sapi 97,5% Babi 2,5%	$y = -0,852\ln(x) + 7,3788$	0,6876
Sapi 98% Babi 2%	$y = -0,786\ln(x) + 6,8494$	0,7441
Sapi 98,5% Babi 1,5%	$y = -0,804\ln(x) + 6,9991$	0,7275
Sapi 99% Babi 1%	$y = -0,796\ln(x) + 6,9367$	0,7383
Sapi 99,5% Babi 0,5%	$y = -0,813\ln(x) + 7,0719$	0,7268

**b. Frekuensi 100 Hz – 500 Hz**

Sampel	persamaan	R <sup>2</sup>
Sapi 100%	$y = -2,913\ln(x) + 19,287$	0,9483
Babi 100%	$y = -2,921\ln(x) + 19,065$	0,949
Sapi 75% Babi 25%	$y = -2,809\ln(x) + 18,515$	0,9601
Sapi 80% Babi 20%	$y = -3,143\ln(x) + 20,569$	0,9526
Sapi 85% Babi 15%	$y = -3,087\ln(x) + 20,279$	0,9643
Sapi 90% Babi 10%	$y = -3,191\ln(x) + 20,889$	0,9504
Sapi 95% Babi 5%	$y = -2,917\ln(x) + 19,286$	0,9663
Sapi 95,5% Babi 4,5%	$y = -3,198\ln(x) + 20,947$	0,9561
Sapi 96% Babi 4%	$y = -2,865\ln(x) + 18,967$	0,9638
Sapi 96,5% Babi 3,5%	$y = -3,071\ln(x) + 20,209$	0,9645
Sapi 97% Babi 3%	$y = -3,08\ln(x) + 20,232$	0,9416
Sapi 97,5% Babi 2,5%	$y = -3,104\ln(x) + 20,383$	0,9534
Sapi 98% Babi 2%	$y = -2,491\ln(x) + 16,766$	0,9752



Sapi 98,5% Babi 1,5%	$y = -2,656\ln(x) + 17,741$	0,962
Sapi 99% Babi 1%	$y = -2,568\ln(x) + 17,229$	0,974
Sapi 99,5% Babi 0,5%	$y = -2,708\ln(x) + 18,059$	0,9702

### c. Frekuensi 500 Hz – 1 kHz

Sampel	persamaan	R <sup>2</sup>
Sapi 100%	$y = -1,049\ln(x) + 8,0466$	0,9878
Babi 100%	$y = -0,896\ln(x) + 6,8577$	0,9918
Sapi 75% Babi 25%	$y = -0,924\ln(x) + 7,1324$	0,9875
Sapi 80% Babi 20%	$y = -0,988\ln(x) + 7,5845$	0,9845
Sapi 85% Babi 15%	$y = -1,003\ln(x) + 7,6955$	0,9891
Sapi 90% Babi 10%	$y = -1,003\ln(x) + 7,7067$	0,99
Sapi 95% Babi 5%	$y = -1,002\ln(x) + 7,7031$	0,9897
Sapi 95,5% Babi 4,5%	$y = -1,001\ln(x) + 7,6973$	0,9896
Sapi 96% Babi 4%	$y = -1\ln(x) + 7,6943$	0,989
Sapi 96,5% Babi 3,5%	$y = -1,001\ln(x) + 7,7053$	0,9893
Sapi 97% Babi 3%	$y = -1,001\ln(x) + 7,7083$	0,9894
Sapi 97,5% Babi 2,5%	$y = -1,004\ln(x) + 7,7278$	0,9895
Sapi 98% Babi 2%	$y = -1,006\ln(x) + 7,7456$	0,9894
Sapi 98,5% Babi 1,5%	$y = -1,007\ln(x) + 7,7499$	0,9895
Sapi 99% Babi 1%	$y = -1,008\ln(x) + 7,7619$	0,9894
Sapi 99,5% Babi 0,5%	$y = -1,015\ln(x) + 7,8128$	0,9907

### d. Frekuensi 1 kHz – 5 kHz

Sampel	persamaan	R <sup>2</sup>
Sapi 100%	$y = -0,345\ln(x) + 3,1288$	0,9363
Babi 100%	$y = -0,289\ln(x) + 2,6257$	0,9306
Sapi 75% Babi 25%	$y = -0,326\ln(x) + 2,964$	0,9356
Sapi 80% Babi 20%	$y = -0,319\ln(x) + 2,9065$	0,9309
Sapi 85% Babi 15%	$y = -0,33\ln(x) + 3,0039$	0,9371
Sapi 90% Babi 10%	$y = -0,327\ln(x) + 2,977$	0,9354
Sapi 95% Babi 5%	$y = -0,331\ln(x) + 3,0122$	0,9363
Sapi 95,5% Babi 4,5%	$y = -0,331\ln(x) + 3,015$	0,9346
Sapi 96% Babi 4%	$y = -0,335\ln(x) + 3,0464$	0,9354
Sapi 96,5% Babi 3,5%	$y = -0,337\ln(x) + 3,0601$	0,9327
Sapi 97% Babi 3%	$y = -0,338\ln(x) + 3,0743$	0,9336



Sapi 97,5% Babi 2,5%	$y = -0,34\ln(x) + 3,0858$	0,9343
Sapi 98% Babi 2%	$y = -0,341\ln(x) + 3,096$	0,9341
Sapi 98,5% Babi 1,5%	$y = -0,341\ln(x) + 3,0987$	0,9331
Sapi 99% Babi 1%	$y = -0,342\ln(x) + 3,109$	0,9329
Sapi 99,5% Babi 0,5%	$y = -0,343\ln(x) + 3,1132$	0,9326

### e. Frekuensi 5 kHz – 10 kHz

Sampel	persamaan	R <sup>2</sup>
Sapi 100%	$y = -0,081\ln(x) + 0,9317$	0,9781
Babi 100%	$y = -0,052\ln(x) + 0,6488$	0,8534
Sapi 75% Babi 25%	$y = -0,075\ln(x) + 0,8765$	0,9593
Sapi 80% Babi 20%	$y = -0,074\ln(x) + 0,8666$	0,96
Sapi 85% Babi 15%	$y = -0,077\ln(x) + 0,8986$	0,9726
Sapi 90% Babi 10%	$y = -0,077\ln(x) + 0,9002$	0,9784
Sapi 95% Babi 5%	$y = -0,071\ln(x) + 0,8479$	0,9702
Sapi 95,5% Babi 4,5%	$y = -0,069\ln(x) + 0,8347$	0,9681
Sapi 96% Babi 4%	$y = -0,068\ln(x) + 0,8249$	0,9689
Sapi 96,5% Babi 3,5%	$y = -0,069\ln(x) + 0,8308$	0,9776
Sapi 97% Babi 3%	$y = -0,07\ln(x) + 0,8353$	0,9752
Sapi 97,5% Babi 2,5%	$y = -0,069\ln(x) + 0,8295$	0,9777
Sapi 98% Babi 2%	$y = -0,067\ln(x) + 0,8114$	0,9529
Sapi 98,5% Babi 1,5%	$y = -0,069\ln(x) + 0,8272$	0,9683
Sapi 99% Babi 1%	$y = -0,069\ln(x) + 0,8319$	0,9512
Sapi 99,5% Babi 0,5%	$y = -0,073\ln(x) + 0,8637$	0,9617

### f. Persamaan garis linier berbagai macam konsentrasi dalam satu frekuensi terhadap nilai Impedansinya

Frekuensi	Persamaan Garis	R <sup>2</sup>
100 Hz	$y = 0,0142x + 6,2397$	0,0637
300 Hz	$y = -0,0063x + 2,4011$	0,9543
500 Hz	$y = -0,0036x + 1,5413$	0,7724
1 kHz	$y = -0,0018x + 0,8267$	0,9157
5 kHz	$y = -0,0002x + 0,2476$	0,8125
10 kHz	$y = -0,0004x + 0,1989$	0,7317



Lampiran 5 Tabel Penurunan Antar Sampel

a. Penurunan tiap 0,5% untuk frekuensi 100 Hz – 250 Hz

Konsentrasi Sampel	Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel (MΩ)	Presentase Nilai Perbedaan
Sapi 95 % Babi 5%	0,198	19,8%
Sapi 95,5 % Babi 4,5%	-0,272	-27,2%
Sapi 96 % Babi 4 %	0,198	19,8%
Sapi 96,5 % Babi 3,5 %	-0,062	-6,2%
Sapi 97 % Babi 3 %	0,046	4,6%
Sapi 97,5 % Babi 2,5 %	-0,44	-44%
Sapi 98 % Babi 2%	0,118	11,8%
Sapi 98,5 % Babi 1,5 %	-0,054	-5,4%
Sapi 99 % Babi 1 %	0,104	10,4%
Sapi 99,5 % Babi 0,5 %	0,135	13,5%

b. Penurunan tiap 0,5% untuk frekuensi 300 Hz – 1500 Hz

Konsentrasi Sampel	Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel (MΩ)	Presentase Nilai Perbedaan
Sapi 95 % Babi 5%	0,004	0,4%
Sapi 95,5 % Babi 4,5%	0,002	0,2%
Sapi 96 % Babi 4 %	0,002	0,2%
Sapi 96,5 % Babi 3,5 %	0,002	0,2%
Sapi 97 % Babi 3 %	0,002	0,2%
Sapi 97,5 % Babi 2,5 %	0,003	0,3%
Sapi 98 % Babi 2%	0,003	0,3%
Sapi 98,5 % Babi 1,5 %	0,003	0,3%
Sapi 99 % Babi 1 %	0,003	0,3%
Sapi 99,5 % Babi 0,5 %	0,018	1,8%



c. Penurunan tiap **0,5%** untuk frekuensi **2000 Hz – 10 kHz**

<b>Konsentrasi Sampel</b>	<b>Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel (MΩ)</b>	<b>Presentase Nilai Perbedaan</b>
Sapi 95 % Babi 5%	0,002	0,2%
Sapi 95,5 % Babi 4,5%	-0,001	-0,1%
Sapi 96 % Babi 4 %	0	0%
Sapi 96,5 % Babi 3,5 %	0,001	0,1%
Sapi 97 % Babi 3 %	0	0%
Sapi 97,5 % Babi 2,5 %	-0,001	-0,1%
Sapi 98 % Babi 2%	0	0%
Sapi 98,5 % Babi 1,5 %	0	0%
Sapi 99 % Babi 1 %	-0,001	-0,1%
Sapi 99,5 % Babi 0,5 %	0	0%

d. Penurunan tiap **5%** untuk frekuensi **100 Hz – 250 Hz**

<b>Konsentrasi Sampel</b>	<b>Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel (MΩ)</b>	<b>Presentase Nilai Perbedaan</b>
Sapi 75 % Babi 25%	0,354	35%
Sapi 80 % Babi 20%	0,010	1%
Sapi 85 % Babi 15%	0,054	5,4%
Sapi 90 % Babi 10 %	-0,178	-17,8%
Sapi 95 % Babi 5 %	-0,029	-2,9%

e. Penurunan tiap 5% untuk frekuensi 300 Hz – 4000 Hz

<b>Konsentrasi Sampel</b>	<b>Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel (MΩ)</b>	<b>Presentase Nilai Perbedaan</b>
Sapi 75 % Babi 25%	0,027	2,7%
Sapi 80 % Babi 20%	0,017	1,7%
Sapi 85 % Babi 15%	0,009	0,9%
Sapi 90 % Babi 10 %	0,003	0,3%
Sapi 95 % Babi 5 %	0,033	3,3%

f. Penurunan tiap 5% untuk frekuensi 4000 Hz – 10 kHz

<b>Konsentrasi Sampel</b>	<b>Rata Rata Nilai Perbedaan antar Sampel (MΩ)</b>	<b>Presentase Nilai Perbedaan</b>
Sapi 75 % Babi 25%	0,001	0,1%
Sapi 80 % Babi 20%	0,001	0,1%
Sapi 85 % Babi 15%	0	0%
Sapi 90 % Babi 10 %	0,003	0,3%
Sapi 95 % Babi 5 %	0,002	0,2%

