

repository.ub.ac.id

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN IMPEDANSI
LISTRIK ZAT CAIR PADA RENTANG FREKUENSI 1 Hz- 1
MHz DENGAN MENGGUNAKAN PROBE *INTERDIGITAL*
TRANSDUCER (IDT)**

SKRIPSI

Oleh:
RISKI SETIORINI
135090801111006



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGUKURAN IMPEDANSI
LISTRIK ZAT CAIR PADA RENTANG FREKUENSI 1 Hz- 1
MHz DENGAN MENGGUNAKAN PROBE *INTERDIGITAL*
TRANSDUCER (IDT)**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika**

Oleh:
RISKI SETIORINI
135090801111006



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nilai impedansi suatu bahan dapat digunakan untuk menentukan karakteristik bahan tersebut. Nilai impedansi adalah salah satu karakteristik listrik yang paling sering digunakan untuk menentukan karakteristik fisika suatu bahan. Berdasarkan nilai impedansi listrik dapat ditentukan nilai hambatan jenis bahan, sifat dielektrik, sifat magnetik dan beberapa sifat fisika lainnya (J. Juansyah, & Dahlan, 2012). Nilai impedansi selanjutnya dapat diturunkan menjadi nilai resistansi (R), induktansi (L), dan kapasitansi (C) dari bahan yang terukur.

Pengukuran impedansi suatu bahan dapat dilakukan dengan banyak metode, beberapa metode diantaranya yaitu metode injeksi arus secara langsung, metode jembatan AC, metode optik dan lainnya (Cooper, 1982). Berdasarkan beberapa metode tersebut, metode yang paling sering digunakan adalah metode injeksi arus secara langsung karena metode tersebut sangatlah sederhana dan peralatan yang digunakan relatif murah. Metode ini banyak diaplikasikan dalam bidang pertanian, makanan, dan obat-obatan (Northop, 2001).

Sari (2016) melakukan penelitian pengukuran impedansi listrik larutan menggunakan metode injeksi arus dengan elektroda plat sejajar yang memberikan hasil bahwa bahan uji yang dibutuhkan lebih banyak karena bergantung terhadap jarak antar plat, semakin panjang jarak antar plat maka semakin banyak bahan uji yang digunakan.

Pengukuran impedansi untuk mengkarakterisasi suatu bahan dapat menggunakan probe berbasis IDT. Probe IDT merupakan Probe yang bersifat *non-destructive testing* (NDT) yaitu pengukuran yang dilakukan tanpa kontak langsung pada objek sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada bahan (Mukhopadhyay, 2005). Penelitian tentang sensor IDT telah dilakukan oleh Albanna (2015) akan tetapi penelitian tersebut hanya sebatas dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitansi yang terbentuk antara bahan dengan sensor IDT dan hanya digunakan 1 frekuensi yaitu 1 kHz sehingga hasil pengukurannya tidak bisa digunakan untuk mengidentifikasi bahan menggunakan sensor tersebut. Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka pada penelitian kali ini digunakan sensor

repository.ub.ac.id

IDT untuk mengukur impedansi listrik zat cair menggunakan metode injeksi arus dengan rentang frekuensi 1 Hz- 1MHz.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil pengukuran impedansi listrik dari zat cair dengan menggunakan IDT?
2. Bagaimana pengaruh ukuran dan bentuk probe IDT terhadap hasil pengukuran?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian ini tidak keluar dari topik penelitian, maka pada penelitian ini diberikan batasan masalah diantaranya yaitu

1. Metode yang digunakan adalah injeksi arus 1 mA pada probe IDT dengan rentang frekuensi 1 Hz – 1 MHz.
2. Nilai impedansi yang terukur adalah nilai impedansi total dan tidak dilakukan analisis R,C, dan L secara mendalam

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh ukuran volume larutan terhadap nilai impedansi listrik pada probe IDT.
2. Mengetahui pengaruh bentuk dan ukuran probe IDT terhadap hasil pengukuran impedansi listrik bahan cair.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah dapat mengetahui hasil pengukuran impedansi listrik zat cair menggunakan probe IDT.

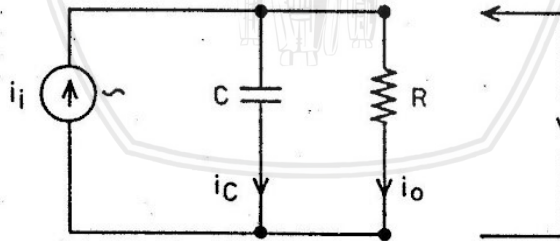
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Impedansi Listrik

Impedansi listrik adalah hambatan total pada rangkaian arus bolak balik (AC) yang terdiri dari resistor, kapasitor, dan induktor. Secara pendekatan suatu hambatan (R) sebagai komponen dissipative untuk menghilangkan respon dielektrik sedangkan suatu kapasitansi (C) sebagai komponen penyimpan dielektrik bahan. Jika R-C dihubungkan secara paralel akan menghasilkan suatu model polarisasi dielektrik pada cakupan frekuensi yang didominasi oleh perpindahan muatan bebas. Keseluruhan impedansi dari sirkuit tersebut diberikan oleh penjumlahan dari hambatan kapasitansi (Fahma, 2003).

Sebuah unsur dasar yaitu komponen resistor R, induktor L, dan kapasitor C, besarnya hambatan AC ini disebut sebagai reaktansi, yang disimbolkan dengan X, dengan satuan ohm. Untuk komponen resistor, nilai hambatan AC nya adalah $X_R = R$; untuk komponen induktor, nilai hambatan ACnya adalah $X_L = j\omega L$; disebut sebagai reaktansi induktif dan untuk komponen kapasitor nilai hambatan AC nya adalah $X_C = (1/j\omega C)$, disebut sebagai reaktansi kapasitif. Impedansi kompleks dari sebuah rangkaian AC adalah kombinasi dari reaktansi resistif, reaktansi induktif, dan reaktansi kapasitifnya.



Gambar 2.1 Rangkaian RC arus AC (Giancoli, 2001)

Resistansi dari kapasitansi (C) adalah $R=1/(j\omega C)$, dimana j adalah bilangan imajiner. Rangkaian (R_p) dan kapasitansi (reaktansi $1/\omega C_p$) yang dirangkai paralel dapat diperoleh dari hukum Kirchoff.

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{1}{R_p} + \frac{1}{1/j\omega C_p} \quad (2.1)$$

Dari persamaan (2.1) dapat diperoleh :

$$\frac{1}{Z_p} = \frac{Rp}{1+(j\omega RpCp)} \quad (2.2)$$

Jika ditambahkan R secara seri pada rangkaian RC, maka diperoleh :

$$Z = R_s + \frac{Rp}{1+(j.2\pi .Rp.Cp)} \quad (2.3)$$

Dimana $\omega=2\pi f$, real (Z_{re}), dan bagian imajiner (Z_{im}) dari impedansi kompleks Z adalah :

$$Z_{re} = R_s + \frac{Rp}{1+ \omega^2 .Rp^2 Cp^2} \quad (2.4)$$

Dan

$$Z_{im} = \frac{Rp^2 .Cp .\omega}{1+ \omega^2 .Rp^2 .Cp^2} \quad (2.5)$$

Impedansi listrik bergantung pada frekuensi. Jika frekuensi bertambah, X_L bertambah, dan X_C berkurang. Maka pada saat X_L dan X_C sama dan $X_L - X_C$ adalah nol. Pada frekuensi ini nilai impedansi adalah :

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (2.6)$$

Atau

$$Z = \sqrt{R^2 + (2\pi fL - 1/2\pi fC)^2} \quad (2.7)$$

Keterangan :

Z = impedansi (Ω)

R = hambatan (Ω)

X_L = reaktansi induktif (Ω)

X_C = reaktansi kapasitif (Ω)

f = frekuensi (Hz)

L = induktansi (H)

C = kapasitas kapasitor (F) (Giancoli, 2001)

Selain itu resistansi bahan bergantung pada panjang (l), luas penampang (A), massa jenis (ρ)

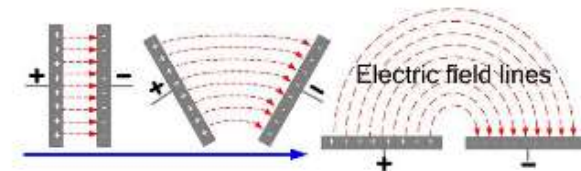
$$\rho = \frac{l}{A} \quad (2.8)$$

(Tipler, 2001)

2.2 Probe Interdigital Tranducers (IDT)

Interdigital Tranducer (IDT) adalah sensor yang berdasar pada elektroda kooplanar yang periodik. Prinsip IDT adalah pengembangan dari konsep dasar probe plat sejajar. Salah satu kutubnya dihubungkan pada sumber tegangan dan kutub lainnya dihubungkan ke ground, antara kedua kutub tersebut terbentuk medan listrik. Perubahan medan listrik mengindikasikan perubahan nilai impedansi dari sensor. Kapasitor plat sejajar nilai kapasitan dipengaruhi oleh besar medan listrik yang melingkupi cakupan dimensi dan permitivitas bahan. (Karunayaka, 2006).

Nilai permitivitas bahan dipengaruhi oleh parameter fisis internal bahan. Pada probe plat sejajar medan listrik memiliki arah vektor dari kutub positif menuju negatif (ground). Pada probe tersebut terdapat sifat kapasitan yang terjadi ketika proses polarisasi elektroda yang berinteraksi dengan bahan dielektrik. Sifat mikroskopik bahan membentuk pola kutub sesaat setelah dialiri arus listrik. Pada kapasitor plat sejajar vector medan listrik membentuk pola polar sesaat setelah dialiri arus listrik. Pada sistem probe plat sejajar vector medan listrik membentuk garis lurus menuju polar rendah. Pengubahan Plat sejajar menjadi sistem IDT yang berbasis *coplanar* akan terlihat pada pola lintasan medan listrik yang melalui material dielektrik. Pada Gambar 2.2 adalah ilustrasi arah medan listrik pada probe plat sejajar dan IDT *coplanar*.



Gambar 2.2 Pola medan listrik pada probe plat sejajar dan coplanar

Morfologi sistem IDT dapat dipandang sebagai bentuk kapasitor cooplanar dengan perulangan kontinyu. Perulangan dengan

repository.ub.ac.id

konsistensi jarak antar elektroda untuk membuat ruang medan listrik di atas bidang elektroda. Pada Gambar 2.2 adalah struktur interdigital kapasitor dengan dua elektroda yaitu sumber sinyal (elektroda-A) dan penerima (elektroda-B). Pada beberapa implementasi, elektroda sumber sinyal merupakan kanal untuk memberikan sinyal masukan yang nantinya akan dipancarkan dalam material uji hingga sinyal tersebut ditangkap oleh elektroda. Jenis elektroda penerima memiliki potensial lebih rendah jika dibandingkan dengan elektroda pemancar dan pada umumnya adalah berpotensi nol (ground). (Dean, 2012)



Gambar 2.3 Morfologi sistem IDC-S. (Dean, 2012)

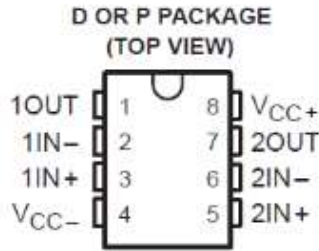
Nilai impedansi pada sistem IDT ditentukan oleh beberapa parameter fisis, meliputi faktor geometri, permitivitas bahan penyusun dan pola sinyal listrik. Medan listrik yang memancar dari masing-masing elektroda akan membentuk struktur kapasitor di sekitar elektroda (Angkawisittpan, 2012).

2.3 LF 353

LF353 dapat digunakan oleh berbagai macam aplikasi diantaranya adalah integrator yang berkecepatan tinggi, *digital to analog converter*, *sample and hold circuit* dan lain-lain. Karakteristik LF353 dapat beroperasi pada suhu 0°C sampai dengan 70°C.

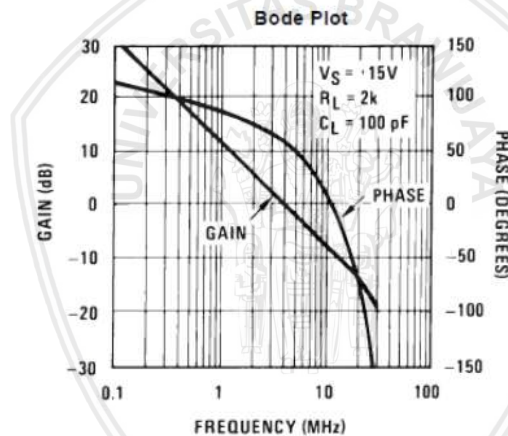
Berikut spesifikasi op-amp jenis LF353:

- Low Input Bias Current 50 Pa Typ
- Low Input Noise Current 0.01 Pa//Hz Typ
- Low Input Noise Voltage 18 Nv//Hz Typ
- Low Supply Current 3.6 Ma Typ
- High Input Impedance 1012 W Typ
- Internally Trimmed Offset Voltage
- Gain Bandwidth . . . 3 MHz Typ
- High Slew Rate . . . 13 V/ms Typ



Gambar 2.4 Deskripsi Pin LF 353

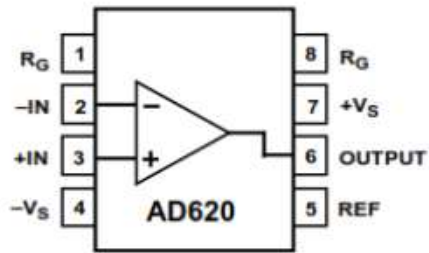
Kemampuan LF353 tidak dapat merespon frekuensi tinggi diatas 3MHz dan akan baik bekerja pada frekuensi dibawah 3MHz. Gambar 2.7 menunjukkan bahwa pada frekuensi sekitar 3MHz sinyal akan mengalami *cut-off* (Datasheet LF353).



Gambar 2.5 Respon frekuensi LF353

2.4 AD620

IC AD adalah jenis monolithic instrumentation amplifier. AD620 memiliki pin berjumlah delapan dapat dilihat pada Gambar 2.9. IC yang digunakan untuk amplifier ini memiliki rentang penguatan dari 1 sampai 100 kali. Besar yang dihasilkan oleh AD620 ditentukan oleh sebuah resistor eksternal yang terhubung pada pin 1 dan pin 8 pada IC (Datasheet AD620).



Gambar 2.6 Skema sederhana IC AD620



BAB III METODE PENELITIAN

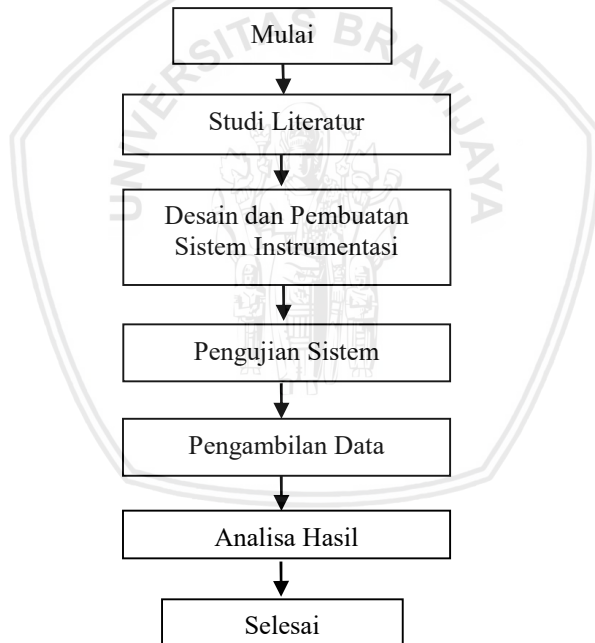
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2018 hingga Mei 2018 yang bertempat di Laboratorium *Measurement Circuit and System* Gedung Biomol lantai 3, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan pengerjaan yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.

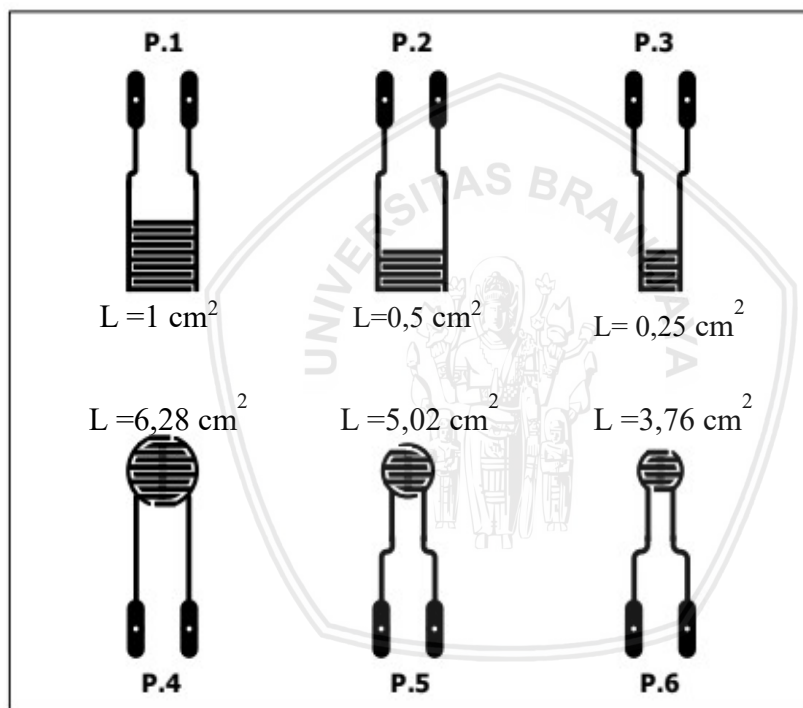


Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian.

3.2.2 Desain dan Pembuatan Sistem Instrumentasi

a. Desain dan Pembuatan Probe (*Interdigital Transducer*) IDT

Probe pada penelitian ini digunakan jenis probe Interdigital Transducer (IDT), yang merupakan probe *non-destructive* sehingga bahan uji tidak merusak bahan uji. Desain probe dibuat menggunakan software *eagle* yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 dengan 2 variasi bentuk probe IDT yaitu persegi dan lingkaran. Probe IDT berbentuk persegi yang dibuat memiliki 3 variasi luas penampang yaitu 1 cm^2 ; $0,5 \text{ cm}^2$ dan $0,25 \text{ cm}^2$. Probe yang berbentuk lingkaran memiliki 3 variasi luas penampang yaitu $6,28 \text{ cm}^2$; $5,02 \text{ cm}^2$ dan $3,76 \text{ cm}^2$.



Gambar 3.2 Desain probe plat IDT

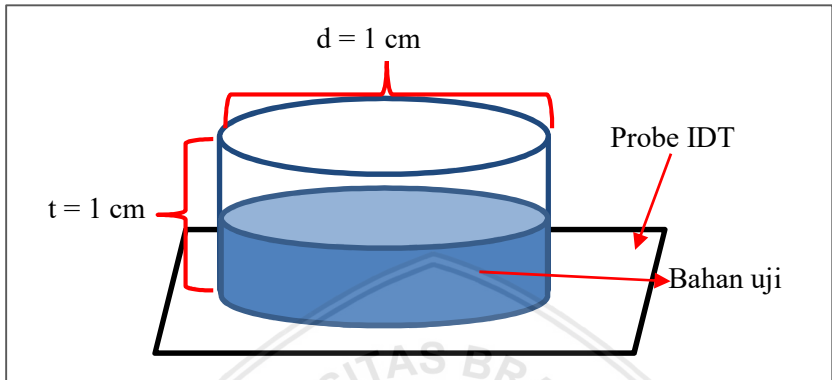
Setelah dilakukan pencetakan probe IDT pada PCB tembaga, kemudian dilakukan penyambungan kabel pada probe IDT dengan rangkaian sumber arus *Floating*.

b. Desain Chamber

Chamber merupakan media yang digunakan untuk meletakkan sampel percobaan. Desain *chamber* terbuat dari tabung yang berbahan plastik sehingga diharapkan bahan pembuat *chamber*

repository.ub.ac.id

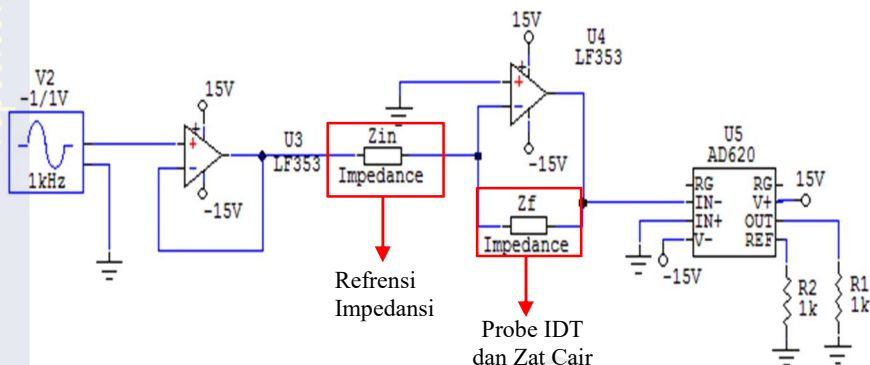
tidak akan mempengaruhi hasil pengukuran impedansi listrik. Penempatan *chamber* direkatkan pada probe IDT. *Chamber* dibuat dengan diameter 1 cm dan tinggi 1 cm. *Chamber* mampu menampung air hingga 2 ml.



Gambar 3.3 Desain wadah bahan uji

c. Desain Sumber Arus Floating

Rangkaian sumber arus *floating* berfungsi untuk menyediakan sumber arus AC. Nilai arus yang digunakan pada rangkaian sumber arus *floating* didasarkan pada pemilihan resistor pada Rinput, penggunaan sumber arus pada penelitian ini digunakan $R = 1 \text{ k}\Omega$, dengan menggunakan tegangan masukan 1 Volt maka akan didapat arus 1 mA.



Gambar 3.4 Rangkaian Sumber Arus *Floating*

Sumber arus *floating* dibuat berdasarkan rangkaian seperti pada Gambar 3.4 dengan nilai Z_f merupakan simulasi dari bahan uji yang akan diukur, bahan uji digambarkan merupakan rangkaian paralel antara R dan C sehingga nilai pada Z_f akan diberikan oleh:

$$\frac{1}{Z_f} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega C} \quad (3.1)$$

Besarnya nilai arus pada I_2 adalah

$$I_f = \frac{V_a - V_{out}}{Z_f} \quad (3.2)$$

Dimana $V_a = V_b = 0$

$$I_f = \frac{0 - V_{out}}{Z_f} \quad (3.3)$$

$$I_f = \frac{-V_{out}}{Z_f} \quad (3.4)$$

Dan nilai arus pad I_{in} adalah

$$I_{in} = \frac{V_{in} - V_a}{Z_{in}} \quad (3.5)$$

$$I_{in} = \frac{V_{in} - 0}{Z_{in}} \quad (3.6)$$

Berdasarkan tinjauan Hukum Kirchhoff $I_1 = I_2$

$$I_{in} = I_f \quad (3.7)$$

$$Z_{in} = Z_f \quad (3.8)$$

$$\frac{V_{in}}{Z_{in}} = \frac{-v_{out}}{Z_f} \quad (3.9)$$

Sehingga nilai V_{out}

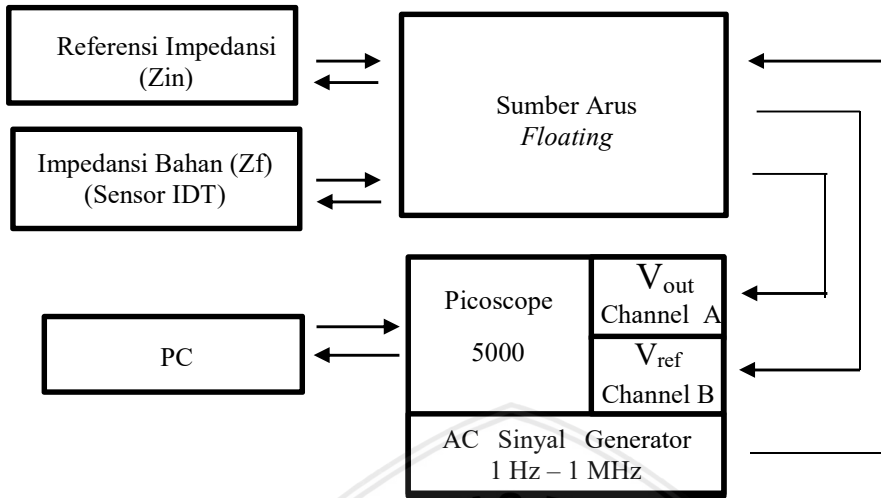
$$V_{out} = -\frac{Z_f}{Z_{in}} V_{in} \quad (3.10)$$

Tanda minus menandakan bahwa sinyal output terbalik 90° dari sinyal inputnya.

3.2.3 Pengujian Sistem

a. Diagram Sistem

Desain dan pembuatan sistem pengukuran merupakan perencanaan struktur dan prinsip kerja dari sistem yang akan dibuat. Pada peralatan yang dipergunakan dalam penelitian pengukuran impedansi listrik ini adalah PicoScope series S5000 yang terdiri dari 4 *channel*. Secara umum prinsip kerja PicoScope pada penelitian ini adalah mengukur V_{in} dan V_{out} serta menampilkan hasil pengukuran pada PC dalam bentuk gelombang. Terdapat *software* bawaan PicoScope yang dapat diunduh di web resmi PicoScope. Pada *software* ini dapat diatur *time/div*, jumlah *channel* aktif yang digunakan, bentuk gelombang, nilai frekuensi, amplitudo. Refrensi impedansi dan Probe *Interdigital Transducer* dihubungkan pada rangkaian sumber arus *floating*. Besarnya arus pada sumber arus *floating* ditentukan oleh besarnya tegangan yang diatur pada sinyal generator dan besarnya nilai resistor pada refrensi impedansi. Sinyal Generator diset tegangannya sebesar 1 Volt dan frekuensinya diset dari rentang 1 Hz- 1 MHz. Selanjutnya arus tersebut akan diinjeksikan pada zat cair yang ada pada probe *interdigital transducer*. Keluaran berupa tegangan akan direcord oleh PicoScope S5000 kemudian akan ditampilkan pada PC dalam bentuk gelombang. Gambar 3.5 merupakan diagram blok perancangan sistem secara keseluruhan.



Gambar 3.5 Blok Diagram Sistem

b. Pengujian Sumber Arus

Pengujian sumber arus dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem sehingga saat dilakukan pengambilan data, didapatkan hasil pengukuran yang akurat. Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai Z_{in} dan Z_f yang bernilai sama yaitu dengan cara memberikan bahan yang berupa air kran dengan jumlah yang sama yaitu sebanyak 0,2 ml pada impedansi *feedback* dan impedansi *input*, dengan ukuran probe yang sama yaitu 5,02 cm², sehingga akan didapatkan hasil pengukuran sinyal keluaran yang sama dengan sinyal masukan sesuai dengan rumusan rangkaian sumber arus *floating* yang merupakan rangkaian inverting.

$$V_{out} = \frac{Z_f}{Z_{in}} V_{in} \quad (3.11)$$

Pengukuran pada tegangan output diharapkan tidak memiliki cacat sinyal dan gain bernilai 1 karena $\frac{Z_f}{Z_{in}} = 1$ yang merupakan fungsi dari penguatan. Sinyal keluaran dan Sinyal masukan (referensi) diukur dengan menggunakan alat ukur PicoScope.

3.2.4 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan 4 cara yaitu pengujian probe berdasarkan volume, pengujian probe berdasarkan ukuran, pengujian probe berdasarkan bahan uji, dan

pengujian rangkaian sumber arus floating dengan rangkaian sumber arus lainnya.

- a. Pertama yaitu pengujian probe berdasarkan volume, langkah pertama yang dilakukan untuk pengambilan data yaitu mempersiapkan air kran sebagai bahan uji. Impedansi air kran diukur dengan menggunakan sensor IDT dengan volume yang bervariasi, yaitu 0,2 ml; 1 ml; dan 2 ml. Air kran diletakkan pada *chamber* yang tersedia. Pengukuran dilakukan dengan nilai injeksi arus konstan (1mA) dan nilai frekuensi pada rentang 1 Hz-1MHz dengan menggunakan signal generator pada PicoScope yang dikontrol oleh PC. Hasil pengukuran berupa nilai tegangan yang *direcord* dengan menggunakan PicoScope dan ditampilkan di PC.
- b. Pengujian kedua yaitu pengukuran impedansi listrik berdasarkan ukuran probe dengan menggunakan bahan yang sama yaitu air kran 0,2ml. Digunakan 2 bentuk probe IDT dengan ukuran probe yang bervariasi. Pengukuran dilakukan dengan injeksi arus konstan (1mA) dan frekuensi pada rentang 1 Hz-1 MHz yang diatur pada PC. Setelah dilakukan pengujian probe terhadap ukuran probe maka dipilih ukuran probe yang akan digunakan untuk pengukuran selanjutnya.
- c. Pengujian ketiga yaitu pengukuran impedansi listrik dengan menggunakan 1 jenis probe dengan bahan uji susu kental manis. Langkah pertama yang dilakukan untuk pengambilan data adalah mempersiapkan bahan uji susu kental manis dengan variasi pengenceran yaitu pertama tanpa pengenceran, kedua dengan pengenceran (1 susu: 1 air), ketiga dengan pengenceran (1 susu: 2 air). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan injeksi arus konstan (1mA) dan frekuensi pada rentang 1 Hz-1 MHz yang diatur pada PC.
- d. Pengujian keempat yaitu pengukuran impedansi listrik dengan menggunakan 1 jenis probe dengan bahan uji yaitu madu dan menggunakan sumber arus yang berbeda, pertama menggunakan sumber arus *floating* dan yang kedua menggunakan sumber arus tipe *Howland* sebagai pembanding. Langkah pertama yang dilakukan untuk pengambilan data adalah mempersiapkan bahan uji yang berupa 4 jenis madu yaitu madu klengkeng, madu kaliandra, madu karet, dan madu klanceng dengan volume 0,2 ml. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan injeksi arus

repository.ub.ac.id

konstan (1mA) dengan menggunakan 2 rangkaian sumber arus dan frekuensi pada rentang 1 Hz-1 MHz yang diatur pada PC.

Data hasil pengukuran yang didapatkan berupa nilai tegangan dan dilakukan perhitungan untuk menghitung nilai impedansi berdasarkan hukum ohm.

$$Z = \frac{V}{I} \quad (3.12)$$

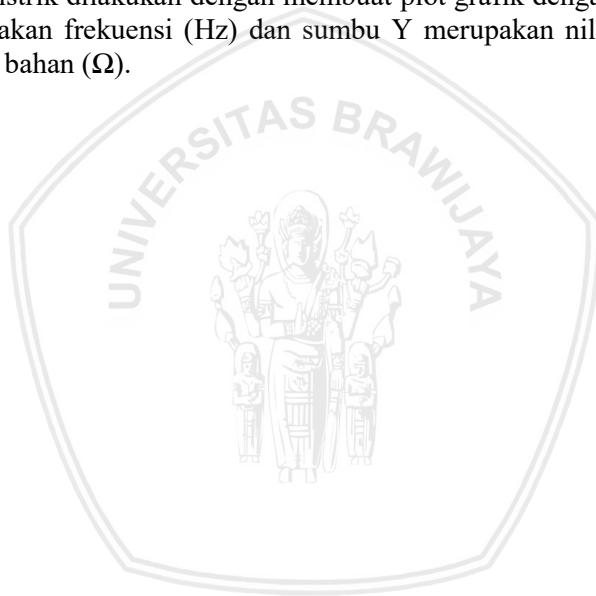
Dimana,

Z = impedansi (Ω)

V = tegangan (Volt)

I = arus injeksi dari floating current source (Ampere)

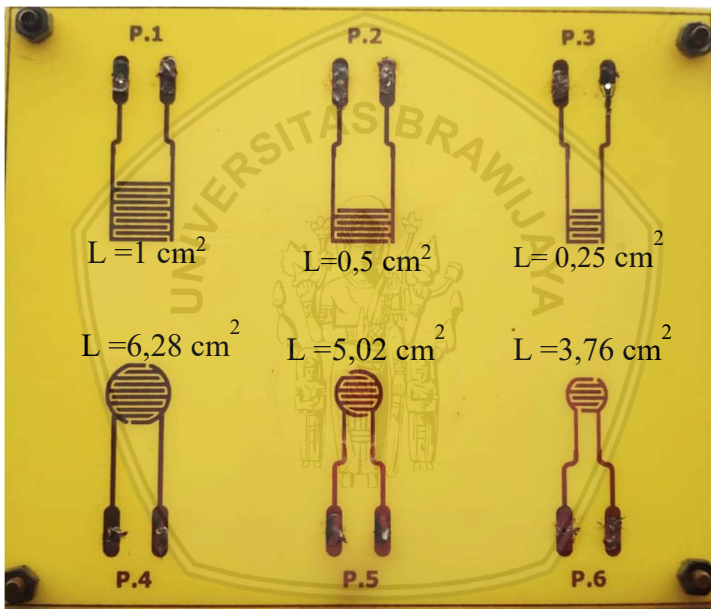
Analisa data untuk mengetahui pengaruh frekuensi terhadap nilai impedansi listrik dilakukan dengan membuat plot grafik dengan sumbu X merupakan frekuensi (Hz) dan sumbu Y merupakan nilai impedansi listrik bahan (Ω).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Sistem Instrumentasi

Pada tahap desain sistem instrumentasi, yang pertama dilakukan yaitu mendesain probe IDT. Setelah dilakukan tahap desain maka dihasilkan 6 variasi probe IDT dengan dua bentuk yaitu persegi dan lingkaran seperti terlihat pada Gambar 4.1. Probe IDT berbentuk persegi dibuat memiliki 3 variasi luas penampang yaitu 1 cm^2 ; $0,5 \text{ cm}^2$ dan $0,25 \text{ cm}^2$. Probe yang berbentuk lingkaran memiliki 3 variasi luas penampang yaitu $6,28 \text{ cm}^2$; $5,02 \text{ cm}^2$ dan $3,76 \text{ cm}^2$.



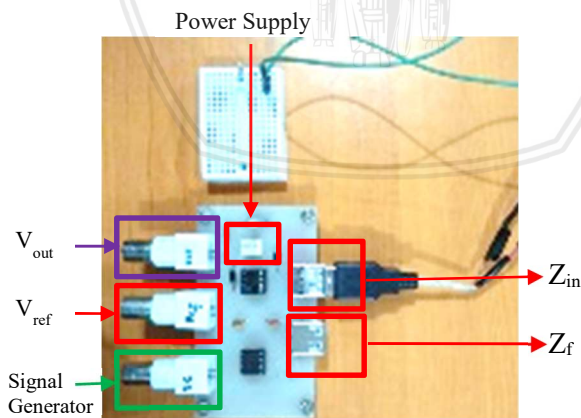
Gambar 4.1 Hasil Desain Probe IDT

Selanjutnya yaitu hasil desain *chamber*. *Chamber* dibuat sebagai penampung zat cair seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. Pembuatan *chamber* direkatkan pada probe IDT sehingga dapat menampung bahan uji sebanyak 2 ml. *Chamber* terbuat dari bahan plastik yang bersifat isolator sehingga tidak mempengaruhi hasil pengukuran impedansi listrik bahan cair.



Gambar 4.2 Desain Wadah

Hasil desain sumber arus *Floating* dapat terlihat pada Gambar 4.3. Sumber arus terdiri dari rangkaian inverting dengan Z_{input} sebagai fungsi *referensi* impedansi. Nilai Z_{in} akan mempengaruhi nilai arus yang diinjeksikan ke bahan uji dengan nilai arus $I = V_{in}/R$, dimana R merupakan komponen resistor yang dipasang sebagai fungsi Z_{input} . $Z_{feedback}$ merupakan fungsi impedansi bahan yang diukur, dimana kedua nilai impedansi ($Z_{feedback}$ dan Z_{input}) digunakan sebagai fungsi penguatan untuk menentukan hasil pengukuran tegangan output, $V_{out} = Z_{feedback}/Z_{input} V_{input}$.



Gambar 4.3 Hasil desain sumber arus *Floating*

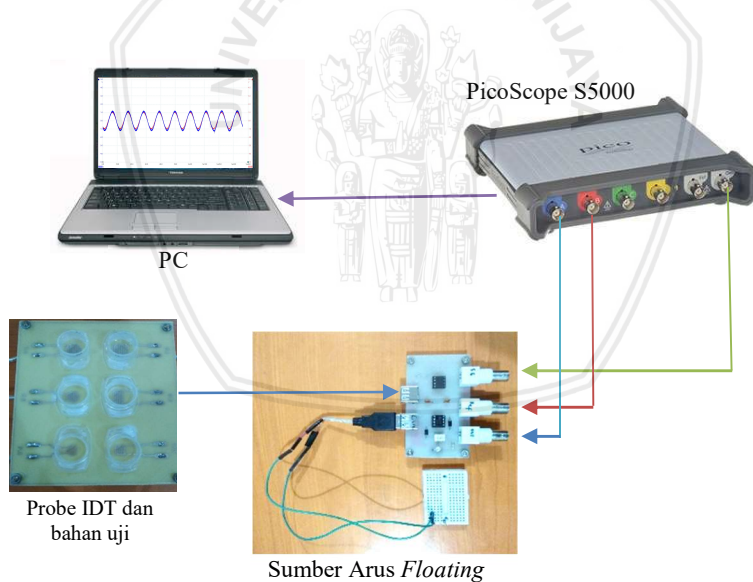
repository.ub.ac.id

Tegangan *input* yang berasal dari *picoscope* dapat diukur melalui V_{ref} , kemudian bahan uji akan dihubungkan dengan probe IDT sesuai dengan rangkaian pada Gambar 4.3. Hasil pengukuran nilai tegangan berada pada V_{out} .

4.2 Pengujian Sistem Instrumentasi

Bagian-bagian dari sistem pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.3 kemudian dirangkai menjadi satu buah sistem yang nantinya dapat bekerja dengan konfigurasi seperti pada Gambar 4.4.

Gambar 4.4 menunjukkan konfigurasi penggunaan alat, PC yang terhubung dengan *Picoscope* untuk mengatur besarnya nilai tegangan dan frekuensi dari sinyal *signal generator* dan mengukur hasil pengukuran berupa nilai tegangan yang tampil pada *display* *picoscope*. Sinyal berupa tegangan akan dihubungkan dengan sumber arus sehingga terciptanya arus yang kemudian melewati bahan pada probe IDT yang kemudian hasil pengukurannya dapat terlihat pada PC melalui *software* *picoscope*.

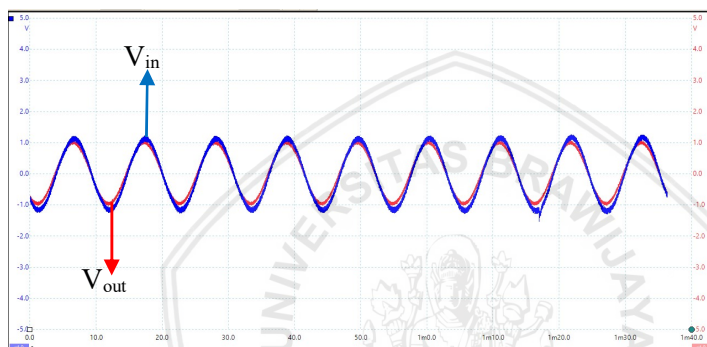


Gambar 4.4 Konfigurasi penggunaan alat

Sumber arus *floating* yang merupakan bagian sistem pengukuran harus bekerja dengan optimal sehingga pengukuran impedansi listrik yang dihasilkan merupakan hasil yang akurat.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Untuk mengetahui apakah sumber arus bekerja dengan optimal maka perlu dilakukan pengujian sistem. Dengan dilakukannya pengujian ini diharapkan ketika dilakukan pengambilan data, sistem dapat digunakan dengan baik dan meminimalisasi terjadinya *error*. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan input pada rangkaian sumber arus *floating* dengan Z_f bernilai sama dengan Z_{in} , yang kemudian hasil V_{out} yang diukur akan bernilai sama dengan V_{in} . Pada Gambar 4.5 merupakan hasil pengujian sumber arus, dan didapatkan hasil pengukuran V_{out} bernilai sama dengan V_{in} yang menandakan bahwa sistem bekerja dengan baik.



Gambar 4.5 Hasil Pengujian sumber arus

Pada Gambar 4.5 gelombang warna merah merupakan gelombang dari tegangan yang digunakan sebagai referensi impedansi, sedangkan gelombang yang berwarna biru merupakan gelombang dari tegangan yang terukur pada sampel.

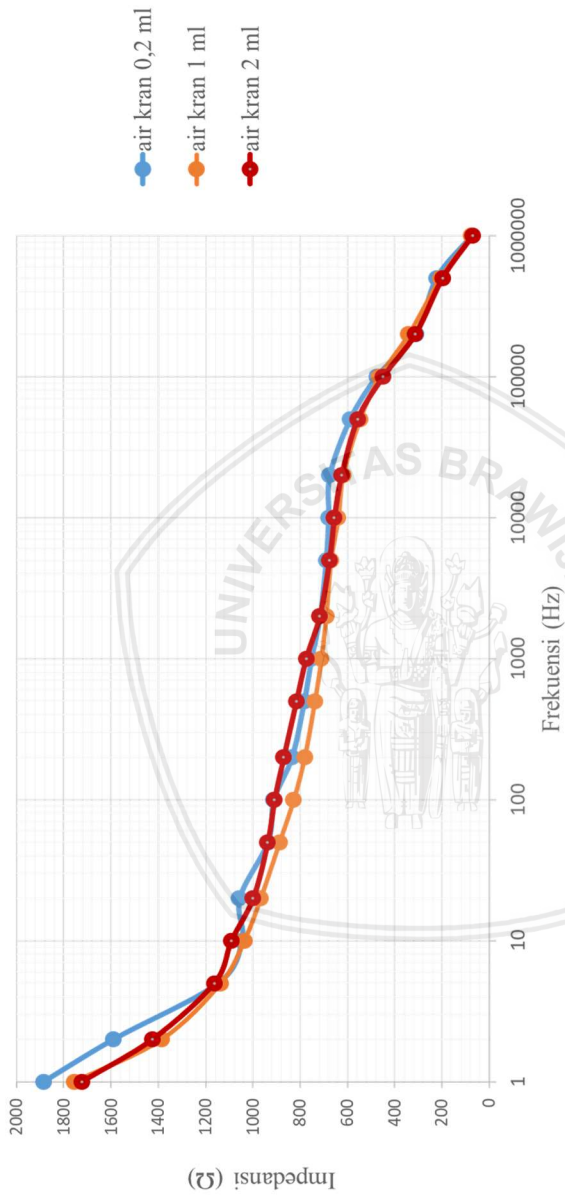
4.3 Pengukuran perbandingan Volume

Pada pengukuran perbandingan volume bahan uji, digunakan air kran dengan variasi volume 0,2 ml ; 1 ml ; 2 ml dengan menggunakan probe berbentuk lingkaran dengan ukuran 5,02 cm². Pengukuran perbandingan volume ini digunakan untuk mengetahui apakah volume bahan mempengaruhi hasil pengukuran. Plot grafik hubungan antara volume zat cair dengan impedansi listrik yang terukur dapat dilihat pada Gambar 4.6

Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat bahwa dengan menggunakan perbedaan volume zat cair, hasil pengukuran nilai impedansi listrik zat cair bisa dikatakan sama, hal tersebut

memberikan informasi bahwa dengan menggunakan probe *Interdigital Transducer* (IDT) volume zat cair tidak mempengaruhi hasil pengukuran impedansi listrik sehingga pengukuran impedansi listrik dapat menggunakan zat cair yang seminimal mungkin. Pengukuran dilakukan dengan variasi nilai frekuensi dari rentang 1 Hz - 1 Mhz didapatkan hasil bahwa kenaikan frekuensi menyebabkan penurunan nilai impedansi listrik, hal tersebut dikarenakan peran X_c yang merupakan salah satu faktor penentu nilai impedansi. Sesuai dengan rumusan dimana $X_c = (1/j\omega C)$, maka semakin besar nilai frekuensi maka semakin kecil nilai X_c .

Morfologi sistem IDT dapat dipandang sebagai bentuk kapasitor *cooplanar* dengan perulangan kontinyu. Perulangan dengan konsistensi jarak antar elektroda untuk membuat ruang medan listrik di atas bidang elektroda. Ruang medan listrik inilah yang akan mempengaruhi hasil pengukuran impedansi listrik zat cair. Pada beberapa implementasi, elektroda sumber sinyal merupakan kanal untuk memberikan sinyal masukan yang nantinya akan dipancarkan dalam material uji hingga sinyal tersebut ditangkap oleh elektroda, pancaran medan listrik memiliki ruang yang tetap sehingga penambahan volume bahan uji tidak mempengaruhi hasil pengukuran impedansinya, hal tersebut dapat terlihat pada Gambar 4.6 yang memberikan hasil pengukuran dengan menggunakan bahan uji air kran dengan volume 0,2 ml, 1 ml dan 2 ml.



Gambar 4.6 Hhubungan antara impedansi listrik menggunakan variasi volume bahan uji

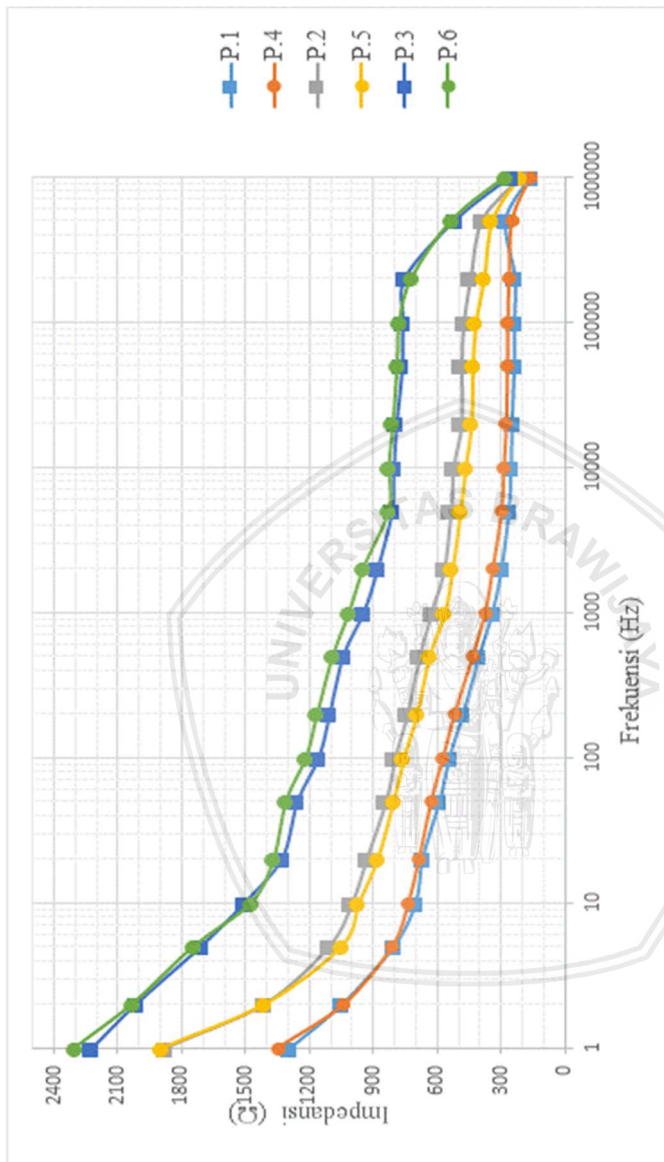
4.4 Pengukuran Perbandingan Probe

Pengukuran perbandingan probe dilakukan untuk mengetahui apakah ukuran dan bentuk probe IDT memberikan nilai yang signifikan terhadap hasil pengukuran impedansi listrik. Variasi probe yang digunakan yaitu probe IDT berbentuk persegi yang dibuat memiliki 3 variasi luas penampang yaitu 1 cm^2 ; $0,5 \text{ cm}^2$: $0,25 \text{ cm}^2$. Probe yang berbentuk lingkaran memiliki 3 variasi luas penampang yaitu $6,28 \text{ cm}^2$; $5,02 \text{ cm}^2$; $3,76 \text{ cm}^2$. Hasil pengukuran dengan variasi probe terlihat pada Gambar 4.7.

Nilai impedansi listrik pada probe IDT ditentukan oleh beberapa parameter fisis, beberapa diantaranya faktor geometri dan pola sinyal listrik. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan dengan variasi bentuk dan ukuran probe IDT sesuai dengan Gambar 4.7 hasilnya adalah penggunaan probe dengan bentuk yang berbeda (persegi dan lingkaran) dengan ukuran yang sama memiliki hasil pengukuran nilai impedansi listrik yang sama. Berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa penggunaan bentuk probe yang berbeda dengan ukuran yang sama tidak akan mempengaruhi hasil pengukuran nilai impedansi listrik bahan secara signifikan.

Dari Gambar 4.7 dilihat bahwa nilai impedansi zat cair dari probe yang berukuran paling kecil yaitu $0,25 \text{ cm}^2$ dan $3,76 \text{ cm}^2$ memiliki nilai impedansi yang paling besar apabila dibandingkan dengan probe yang berukuran paling besar 1 cm^2 dan $6,28 \text{ cm}^2$. Hal tersebut sesuai dengan persamaan $R = \rho \frac{l}{A}$ yang mana semakin kecil luas penampang dari permukaan probe plat, resistansi yang terukur akan semakin besar. Sedangkan, semakin luas penampang probe maka nilai resistansi yang terukur semakin kecil, dapat dikatakan bahwa konduktansi semakin besar sesuai dengan persamaan $G = \frac{1}{R}$.

Berdasarkan hasil tersebut maka pada pengukuran selanjutnya digunakan sensor IDT dengan bentuk lingkaran dan dengan diameter $0,8 \text{ cm}$ yang merupakan ukuran diantara sensor yang besar dan kecil.



Gambar 4.7 Hubungan antara frekuensi dengan nilai impedansi listrik menggunakan variasi probe

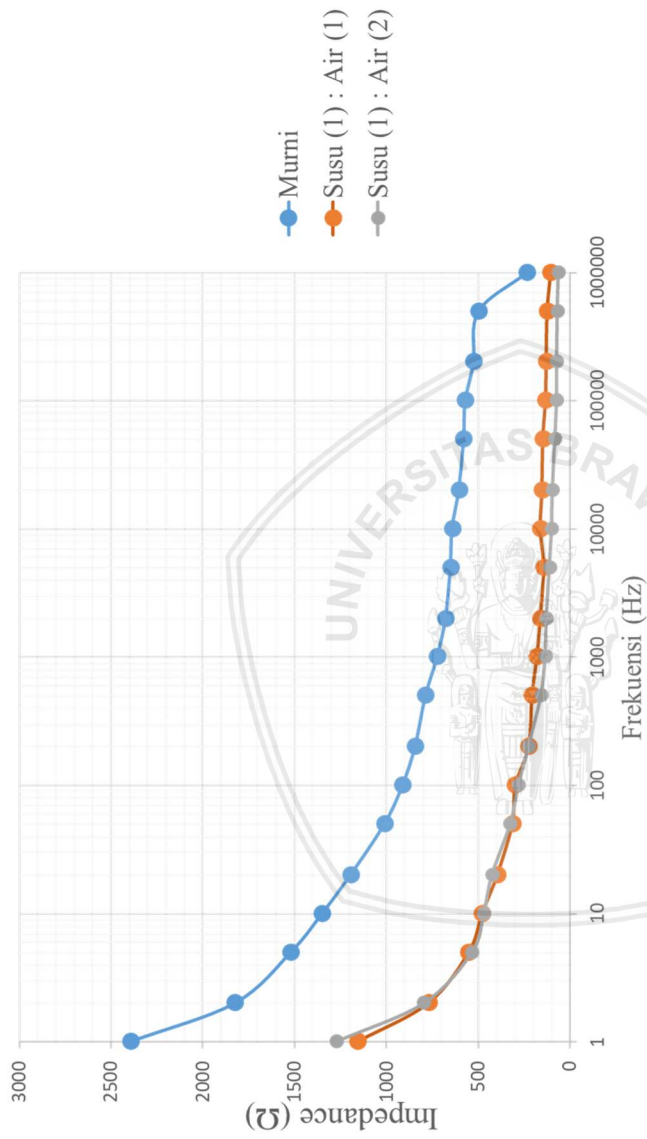
4.5 Pengukuran dengan Bahan Uji Susu Kental Manis

Pada penelitian ini zat cair yang digunakan yaitu susu kental manis untuk data tambahan. Hasil pengukuran pada susu kental manis menggunakan probe berbentuk lingkaran dengan luas 5,02

cm². pengukuran dilakukan dengan menggunakan 3 perlakuan pada susu kental manis yaitu tanpa pengenceran, pengenceran susu kental manis dengan menambah air mineral dengan perbandingan 1:1, pengenceran susu kental manis dengan menambah air mineral dengan perbandingan 1:2. Gambar 4.8 merupakan hasil pengukuran impedansi listrik pada susu kental manis.

Dari Gambar 4.8 yang merupakan hasil pengukuran impedansi listrik dengan variasi pengenceran susu kental manis didapatkan hasil bahwa susu kental manis tanpa pengenceran memiliki nilai impedansi yang paling tinggi bila dibandingkan dengan susu kental manis dengan pengenceran. Hal tersebut menandakan bahwa hambatan pada susu kental manis tanpa pengenceran lebih besar karena tingkat kekentalannya yang lebih tinggi. Sedangkan dengan menggunakan pengenceran dengan perbandingan susu (1) : air (1) dan susu (1) : air (2) didapatkan nilai impedansi yang dapat dikatakan bernilai sama, hal tersebut memberikan bukti bahwa volume air sebagai pengencer tidak memberikan perubahan nilai impedansi yang signifikan pada bahan uji susu kental manis.





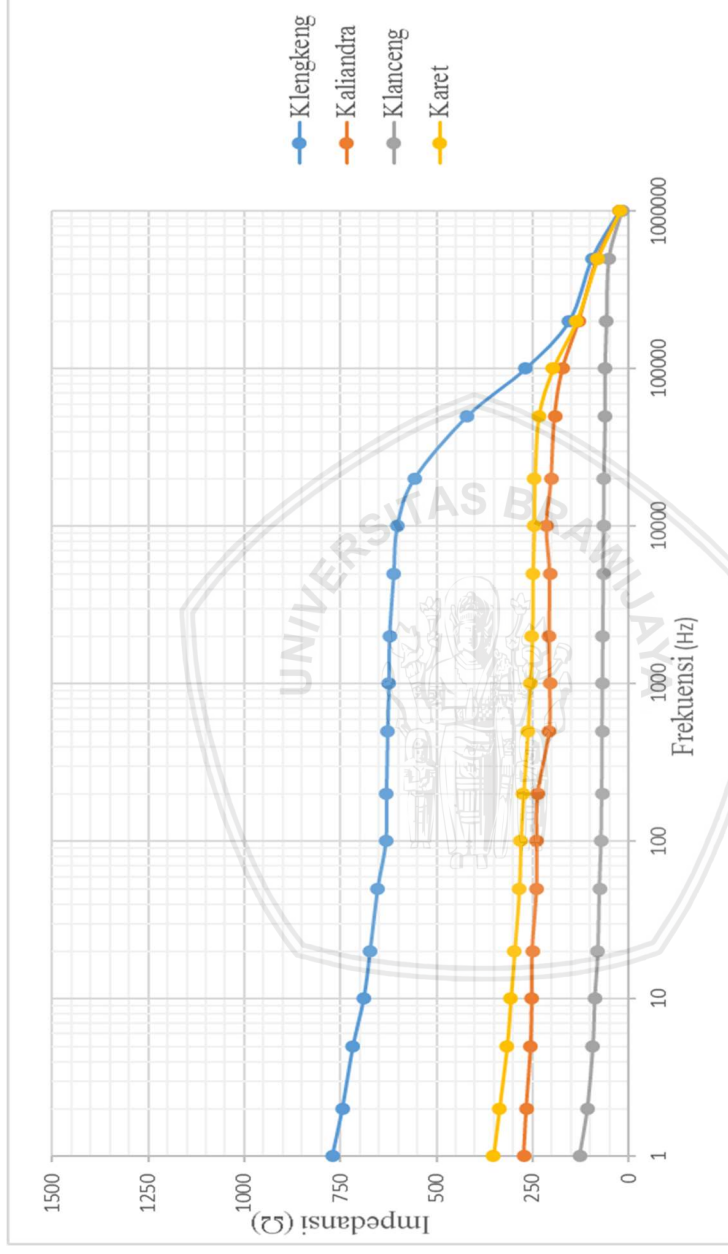
Gambar 4.8 Hubungan antara frekuensi dengan nilai impedansi listrik menggunakan variasi pengenceran bahan uji (susu kental manis)

4.6 Pengukuran dengan Perbandingan Sumber Arus

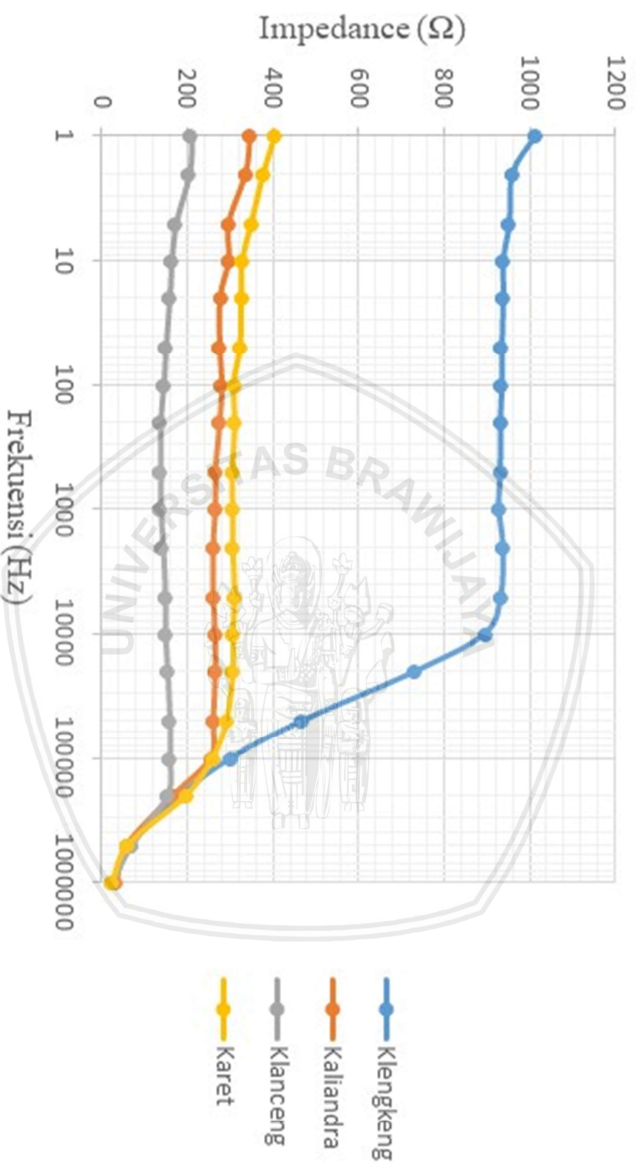
Pengukuran dilakukan dengan menggunakan bahan uji madu dengan berbagai jenis diantaranya adalah madu klengkeng, karet, kaliandra, klanceng. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber arus yang berbeda sebagai pembanding. Pengukuran perbandingan sumber arus ini bertujuan untuk memvalidasi hasil pengukuran probe IDT apabila digunakan dengan sumber arus lainnya.. Hasil pengukuran menggunakan sumber arus *floating* dapat terlihat pada Gambar 4.9. Berdasarkan hasil pengukuran pada Gambar 4.9 Diperoleh hasil bahwa impedansi listrik tertinggi terdapat pada jenis madu klengkeng, kemudian dilanjutkan dengan urutan nilai impedansi listrik yang semakin kecil yaitu karet, kaliandra dan klanceng.

Sebagai pembanding rangkaian sumber arus *floating* digunakan sumber arus Howland, nilai sumber arus yang digunakan sama pada kedua sistem yaitu 1mA. Gambar 4.10 Merupakan hasil pengukuran nilai impedansi listrik madu dengan menggunakan rangkaian injeksi arus Howland. Berdasarkan hasil pengukuran pada Gambar 4.10 diperoleh hasil bahwa impedansi listrik tertinggi terdapat pada jenis madu klengkeng, kemudian dilanjutkan dengan urutan nilai impedansi yang semakin kecil yaitu karet, kaliandra dan klanceng. Hasil pengukuran menggunakan rangkain injeksi arus Howland mendapatkan urutan nilai impedansi bahan berbagai jenis madu yang sama urutannya dengan metode injeksi arus *floating*.

Berdasarkan hasil pengukuran pada kedua sistem injeksi arus yang digunakan dan didapatkan hasil pengukuran yang memiliki urutan/*trendline* yang bisa dikatakan sama, maka dapat dinyatakan bahwa probe IDT dapat digunakan untuk mengukur nilai impedansi listrik menggunakan sumber arus yang lainnya.



Gambar 4.9 Hubungan antara frekuensi dengan impedansi listrik menggunakan variasi bahan uji (madu) dan sumber arus *floating*



Gambar 4.10 Hubungan antara frekuensi dengan nilai impedansi listrik menggunakan variasi bahan uji (madu) menggunakan howland current source.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa variasi ukuran volume bahan uji memberikan pengukuran impedansi listrik yang bisa dikatakan sama. Berdasarkan hal tersebut maka dalam melakukan pengukuran dengan probe IDT dapat digunakan bahan uji seminimal mungkin.

Penggunaan probe IDT dengan bentuk yang berbeda memberikan hasil pengukuran nilai Z yang relatif sama sehingga bentuk sensor tidak mempengaruhi hasil pengukuran. Sedangkan ukuran sensor IDT mempengaruhi hasil pengukuran, semakin besar ukuran sensor maka semakin kecil nilai impedansi bahan yang terukur, hal tersebut dikarenakan konduktansi sensor yang semakin besar.

5.2 Saran

Pada penelitian ini digunakan sumber arus yang sederhana oleh karenanya untuk selanjutnya dapat digunakan sumber arus yang lebih baik untuk mendapatkan hasil pengukuran nilai impedansi listrik yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- .Albanna, & Isa. (2016). *Karakteristik Akuisisi Data Sensor Interdigital Capacitor untuk Pengukuran Kadar Air pada Batu Bata Berbasis Non Destructive Testing*.
- Albanna, U. K. (2015). *Aplikasi Interdigital Capacitor Sensor Untuk Pengukuran Kadar Garam Berbasis Nondestructive*.
- Angkawisittpan, N. a. (2012). *Determination of Sugar Content in Sugar Solutions using Interdigital Capacitor Sensor*.
- Datasheet. *Low Cost Low Power Instrumentasi Amplifier AD620. Analog Device. USA*
- Datasheet. *LF353 JFET Input Dual Operational Amplifier*
- Datasheet. *Picoscope S5000*.
- Dean, R. N. (2012). *A Capacitive Fringing Field Sensor Design for Moisture Measurement Based on Printed Circuit Board Technology*.
- Fahma. (2003). *Studi Karakteristik Biolistrik Membran Telur Bebek Sebagai Bahan Dielektrik*. Malang: Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya.
- Giancoli, D. C. (2001). *Fisika Jilid 2 Edisi Kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Juansah, J. (2013). *Kajian Spektroskopi impedansi listrik untuk evaluasi kualitas buah jeruk keprok garut secara nondestruktif*. Institut Pertanian Bogor.
- Karunayaka, S. M. (2006). *"A Planar Electromagnetic Sensors Aided Non-destructive Testing of Currency Coins" The e-Journal on Non-destructive*, vol.11, 1-10.
- Mukhopadhyay. (2005). *Novel Plannar Electromagnetic Sensors Performance Evaluation*.
- Northop, R. (2001). *Noninvasive Instrumentation and Measurement in medical diagnosis*. London: CRC PRESS.
- Palendeng. (2012). *Rancang Bangun Sistem Audio Nirkabel menggunakan radio FM*. Manado.
- Santoso. (2013). *Diktat Elektronika Dasar 1*. Malang: Penerbit Akademik Fisika FMIPA Universitas Brawijaya.
- Sari, C. M. (2016). *Pengukuran Impedansi Listrik Suatu Larutan dengan Menggunakan Probe Plat Sejajar*. Malang: Universitas Brawijaya.

Serway, R. A. (2004). *Physics for Scientists and Engineers. 6th edition*. California : Thomson Brooks/Cole.

Tipler. (2001). *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga.

