



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OTOMATISASI PENGUKURAN HISTERISIS POLARISASI  
MATERIAL AKIBAT PENGARUH MEDAN LISTRIK DENGAN  
MENGUNAKAN ELEKTROMETER KEITHLEY 6517A**

**SKRIPSI**

**FACHRUDIN**

**0906602231**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI  
DEPOK  
DESEMBER 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**OTOMATISASI PENGUKURAN HISTERISIS POLARISASI  
MATERIAL AKIBAT PENGARUH MEDAN LISTRIK DENGAN  
MENGUNAKAN ELEKTROMETER KEITHLEY 6517A**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains**

**FACHRUDIN**

**0906602231**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI  
DEPOK  
DESEMBER 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Fachrudin  
NPM : 0906602231  
Tanda Tangan :   
Tanggal : 15 Desember 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Fachrudin

NPM : 0906602231

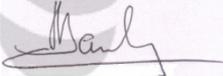
Program Studi : Ekstensi Fisika

Judul Skripsi : Otomatisasi Pengukuran Histerisis Polarisasi Material Akibat Pengaruh Medan Listrik Dengan Menggunakan Elektrometer Keithley 6517A

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Ekstensi Fisika Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.Bambang Soegijono, M.Si

(  )

Pembimbing II : Arief Sudarmaji M.T

(  )

Penguji I : Dr.Sastra Kusumawijaya

(  )

Penguji II : Drs. Lingga Hermanto M.Si

(  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Desember 2011

## KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT tuhan semesta Alam, pemilik langit dan bumi dan segala sesuatu yang berada di dalamnya. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada manusia termulia nabi Muhammad SAW.

Banyak hambatan dan rintangan yang penulis temui dalam penyusunan skripsi ini, akan tetapi hal tersebut penulis jadikan sebagai pemicu untuk terus berusaha lebih keras. Penulis bersyukur kepada Allah SWT karena banyak hal-hal baru yang penulis temui dalam penyusunan skripsi ini yang menjadi pelajaran bagi penulis untuk pengembangan dimasa yang akan datang. Dan karena rahmat dan petunjukNya lah akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika Instrumentasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sejak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Drs. Arief Sudarmaji, M.T dan Dr. Bambang Soegijono M.Si, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak menyediakan waktu, tenaga, pikiran ilmu, arahan dan bimbingannya.
2. Seluruh dosen Departemen Fisika UI atas segala ilmunya yang diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Fisika.
3. Semua staf Departemen Fisika yang sudah banyak membantu segala informasi untuk kemudahan administrasi
4. Orang tua dan Kakak-kakak penulis yang tak pernah putus memanjatkan doa dan dukungan moril maupun materil untuk kelancaran, dan keberhasilan penulis menuntut ilmu.

5. Sahabat-sahabat penulis, Hapsah (partner pembuatan alat), Ade Mundari Wijaya, M. Aulia Rahman, Misbah El Munir, Embot dan Pukis sebagai teman seperjuangan penulis dalam penyelesaian skripsi,
6. Nyonya besar Diana MC yang selalu membantu penulis, Irvan sebagai guru Lab View serta semua teman-teman fisika ekstensi angkatan 2009, terimakasih atas kerjasama, pertolongan dan Do'anya
7. Pak Parno yang selalu membantu dan memudahkan dalam pembuatan alat selama penelitian di Laboratorium Elektronika dan Bengkel Mekanik.
8. Seseorang yang selalu penulis pikirkan, susah untuk dilupakan dan sifatnya yang penulis belum bisa memahaminya sehingga membuat penulis ingin cepat-cepat lulus, agar bisa melupakannya.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Penulis  
2011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fachrudin  
NPM : 0906602231  
Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi Elektronika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif ( *Non-exclusive Royalty-Free Right* )** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**OTOMATISASI PENGUKURAN HISTERESIS POLARISASI MATERIAL  
AKIBAT PENGARUH MEDAN LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN  
ELEKTROMETER KEITHLEY 6517A**

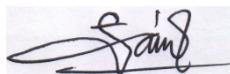
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 15 Desember 2011

Yang menyatakan,



( Fachrudin )

## ABSTRAK

Nama : Fachrudin  
NPM : 0906602231  
Program Studi : S1 Fisika Instrumentasi, Universitas Indonesia  
Judul : Otomatisasi Pengukuran Histerisis Polarisasi Material Akibat Pengaruh Medan Listrik dengan Menggunakan Elektrometer Keithley 6517A

Telah di buat alat pengukur histerisis polarisasi material akibat pengaruh medan listrik. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan suatu alat ukur, alat ukur yang digunakan adalah elektrometer. Tujuan membuat rancang bangun otomatisasi pengukuran histerisis polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dengan menggunakan elektrometer ini adalah untuk mengotomatisasi pengukuran nilai histerisis polarisasi versus medan listrik pada suatu material yang dapat diprogram dan ditampilkan dari komputer. Sistem alat ukur ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu elektrometer sebagai instrumen ukur, komputer sebagai pusat kendali dan pengolahan data dan LabView sebagai bahasa pemrograman. Metode pengukuran menggunakan umpan balik negatif dari elektrometer yang beroperasi pada modus eksternal feedback dengan menempatkan kapasitor eksternal sebagai komponen umpan baliknya. Hasil yang ditampilkan dalam program LabView berupa angka dan grafik. Hasil pengukuran menunjukkan terdapat kesalahan pembacaan tegangan feedback elektrometer, yaitu selalu menunjukkan angka +40 V sampai +41 V. Dengan menggunakan voltmeter Elektrometer, hasil yang didapatkan dari pengukuran yang dilakukan tidak menunjukkan hasil kurva histerisis polarisasi versus medan listrik yang baik karena elektrometer ketika membaca tegangan  $<+1.2$  V volt yang terbaca oleh elektrometer sebesar +1.2 V.

Kata kunci: Bahan dielektrik, Polarisasi, Kurva Histerisis, Medan Listrik, Elektrometer Keithley tipe 6517A, LabView, Komputer, Kapasitor

## ABSTRACT

Name : Fachrudin  
NPM : 0906602231  
Study Program: S1 Fisika Instrumentasi, University of Indonesia  
Title : A Measurement of Polarization Hysteresis Material Automatically  
As Effect of Electric Field using Keithley 6517A Electrometer

Have been make measurement of Polarization Hysteresis Material instrument As Effect of Electric Field. This measurement was done with by use of a measuring instrument. The measuring instrument using electrometer. Purpose of making design automation measurement of the charge material using this electrometer is to automate the measurement of the value of polarization versus electric field hysteresis in a material that can be programmed and displayed from computer. System consists of three main parts, namely the electrometer as the measuring instrument, computer as the central control and data processing and LabView as a programming language. Measurement method using negative feedback from the electrometer operating in external feedback mode by placing an external capacitor as a feedback component. Results are displayed in a LabView program numbers and graphs. Measurement result show there is an error reading the voltage feedback electrometer, which always shows the number +40 V to +41 V. By using the electrometer voltmeter, the results obtained from measurements taken do not show hysteresis curve of polarization versus electric field which is good because when reading the electrometer voltage  $< +1.2$  V volts is read by the electrometer at +1.2 V.

Key words: Dielectric materials, Polarization, Hysteresis curve, Electrical Field, electrometer Keithley type 6517A, LabView, Computers, Capacitors

## DAFTAR ISI

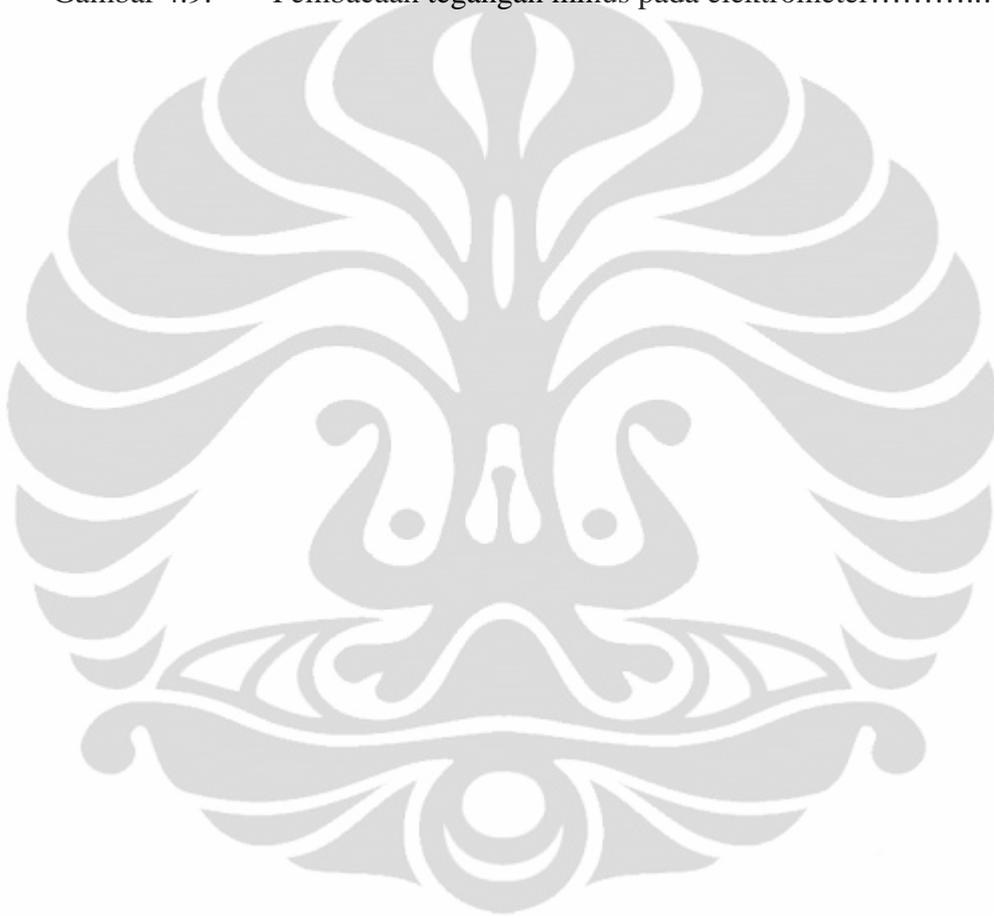
HALAMAN JUDUL.....	i
ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Deskripsi Singkat.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB 2. TEORI DASAR.....</b>	<b>6</b>
2.1 Medan Listrik.....	6
2.2 Bahan Dielektrik.....	7
2.3 Polarisasi.....	10
2.4 Kurva Histerisis.....	13
2.5 Kapasitor.....	14
2.6 Pengukuran Muatan.....	17
2.6.1. Metode dasar pengukuran muatan.....	17
2.6.2. Pengukuran Muatan dengan Elektrometer Keithley 6517A.....	17
2.6.3. Pengukuran Muatan dengan Kapasitor Eksternal.....	18
2.7 Kabel Penghubung.....	19
2.8 Komunikasi dengan Komputer.....	22
2.9 Perangkat Lunak menggunakan LabView.....	24
<b>BAB 3. PERANCANGAN SISTEM.....</b>	<b>26</b>
3.1 Perancangan Sistem Kerja Alat.....	26
3.1.1 Tempat Pelindung Sampel.....	27
3.1.2 Elektrometer.....	28
3.1.3 Kapasitor Eksternal.....	29
3.1.4 Komputer.....	30
3.2 Komunikasi Serial Elektrometer dengan Komputer.....	31
3.2.1 Konfigurasi Serial RS-232 Elektrometer 6517A.....	31

3.2.2	Konfigurasi Serial Komputer.....	31
3.3	Prosedur Eksperimen.....	32
3.3.1	Mereset Elektrometer Keithley 6517A.....	32
3.3.2	Prosedur Umpanbalik Eksternal Kapasitor.....	33
3.4	Perancangan Software.....	33
3.5	Pemrograman LabVIEW.....	35
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>41</b>
4.1	Pengukuran Kapasitor Eksternal.....	41
4.2	Pengukuran Polarisasi Material.....	42
4.2.1	Prosedur Pemasangan Alat Ukur Polarisasi Material.....	42
4.2.2	Prosedur Penggunaan Program Pengukuran.....	43
4.3	Hasil Pengukuran.....	44
4.4	Pembahasan.....	48
<b>BAB 5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>49</b>
5.1	Kesimpulan.....	49
5.2	Saran.....	50
<b>DAFTAR ACUAN.....</b>		<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR

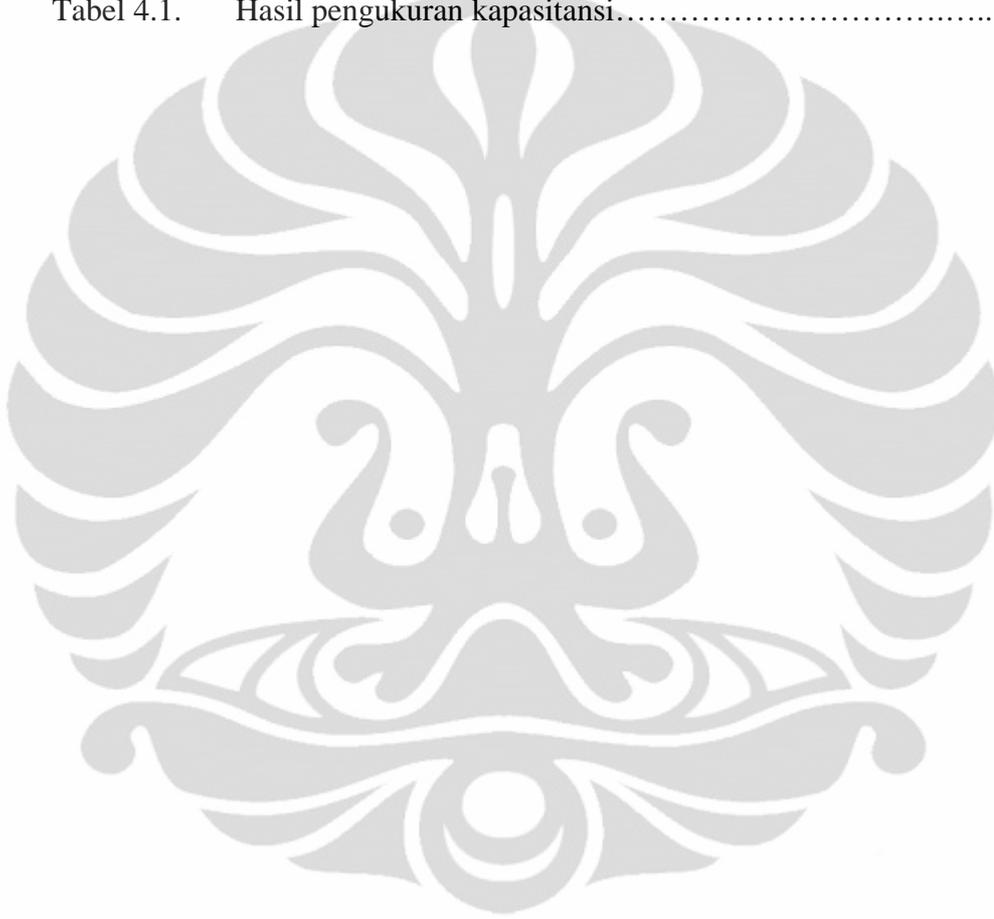
Gambar 1.1.	Blok diagram rancang bangun otomatisasi pengukuran histerisis polarisasi material dengan menggunakan elektrometer.....	3
Gambar 2.1.	Pola garis-garis gaya listrik.....	7
Gambar 2.2.	Momen dipole.....	11
Gambar 2.3.	Dielektrik dalam medan listrik homogen.....	12
Gambar 2.4.	Kurva histerisis bahan ferroelektrik .....	14
Gambar 2.5.	Struktur kapasitor.....	15
Gambar 2.6.	Kapasitor dirangkai seri.....	16
Gambar 2.7.	Kapasitor dirangkai paralel.....	16
Gambar 2.8.	Rangkaian pengukuran muatan.....	18
Gambar 2.9.	Rangkaian ekuivalen pengukuran muatan.....	18
Gambar 2.10.	Pengukuran muatan dengan umpan balik kapasitor eksternal.....	19
Gambar 2.11.	Kabel triax 7078-TRX-3.....	20
Gambar 2.12.	Kabel banana 8607.....	21
Gambar 2.13.	Konfigurasi serial DB-9.....	22
Gambar 3.1.	Blok diagram cara kerja alat.....	26
Gambar 3.2.	Tempat pelindung sampel.....	27
Gambar 3.3.	Probe penjepit material.....	27
Gambar 3.4.	(a) Tampak depan dan (b) tampak belakang elektrometer keithley 6517A.....	28
Gambar 3.5.	Rangkaian kapasitor eksternal.....	29
Gambar 3.6.	Diagram alir program pengukuran secara umum.....	34
Gambar 3.7.	Program LabView yang dibuat .....	35
Gambar 3.8.	Blok diagram konfigurasi serial.....	36
Gambar 3.9.	Blok diagram pembangkit data penghasil tegangan.....	37
Gambar 3.10.	Blok diagram inisialisasi dengan keithley.....	37
Gambar 3.11.	Blok diagram pengaktifan sumber tegangan.....	38
Gambar 3.12.	Blok diagram perhitungan.....	39
Gambar 3.13.	Blok diagram penonaktifan tegangan sumber.....	40
Gambar 3.14.	Blok diagram penyimpanan data.....	40
Gambar 4.1.	Pengukuran kapasitor eksternal.....	42
Gambar 4.2.	Prosedur pemasangan alat.....	43
Gambar 4.3.	Hasil Pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan menggunakan feedback elektrometer dengan tegangan sumber 0 V s.d 50 V.....	44
Gambar 4.4.	Hasil Pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan menggunakan feedback elektrometer dengan tegangan sumber -10 V s.d 10 V.....	45

Gambar 4.5.	Pembacaan tegangan feedback.....	45
Gambar 4.6.	Front panel LabView pengukuran dengan voltmeter elektrometer.....	46
Gambar 4.7.	Hasil Pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan menggunakan voltmeter elektrometer dengan tegangan sumber 0 V s.d 50 V.....	46
Gambar 4.8.	Hasil Pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan menggunakan voltmeter elektrometer dengan tegangan sumber -10 V s.d 10 V.....	47
Gambar 4.9.	Pembacaan tegangan minus pada elektrometer.....	47



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Spesifikasi kabel triax 7078-TRX-3.....	20
Tabel 2.2.	Spesifikasi kabel banana 8607.....	21
Tabel 2.3.	Fungsi-Fungsi kaki DB-9.....	22
Tabel 3.1.	Nilai kapasitansi.....	30
Tabel 4.1.	Hasil pengukuran kapasitansi.....	44



## DATA LAMPIRAN

- Lampiran 1. Blok diagram program lab view dengan feedback elektrometer
- Lampiran 2. Blok diagram program lab view dengan voltmeter elektrometer (tanpa feedback)
- Lampiran 3. Data hasil pengukuran polarisasi dengan menggunakan feedback elektrometer
- Lampiran 4. Data hasil pengukuran polarisasi dengan menggunakan voltmeter elektrometer
- Lampiran 5. Skematik rangkaian kapasitor
- Lampiran 6. Pcb rangkaian kapasitor eksternal
- Lampiran 7. Foto kapasitor eksternal
- Lampiran 8. Foto tempat material
- Lampiran 9. Foto probe material
- Lampiran 10. Foto alat

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

Pada Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, deskripsi singkat mengenai alat yang akan dibuat, batasan masalah dari alat yang akan dibuat oleh penulis, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan teknologi selalu beriringan dengan meningkatnya kebutuhan manusia. Pada era globalisasi ini semakin berkembang teknologi di segala bidang baik komunikasi, industri, pendidikan, kesehatan, dll maka semakin banyak alat yang dibuat/dirancang dan diciptakan dengan maksud agar dapat mempermudah aktivitas manusia dalam melaksanakan segala macam kegiatannya di berbagai bidang.

Kemajuan teknologi berkembang dengan pesat seperti dapat dilihat dalam bidang alat ukur dimana alat-alat laboratorium yang digunakan semakin canggih. Dalam sistem tenaga listrik besaran listrikpun perlu diukur nilainya. Besaran listrik seperti Arus, tegangan, daya dan sebagainya tidak dapat dideteksi panca indra kita secara langsung. Agar dapat mengukur besaran listrik tersebut, maka ia harus ditransformasikan kedalam besaran mekanis atau besaran lain yang dapat ditangkap oleh panca indra. Salah satu contoh transformasinya adalah perubahan dari arus menjadi suatu komponen yang bergerak rotasi pada sumbunya (misalnya penunjukkan jarum yang bergerak dari kiri ke kanan). Besar sudut rotasi tersebut berhubungan langsung dengan besaran arus listrik yang kita amati/ukur, sehingga besar sudut sama dengan besar arus. Jadi dalam sistem pengukuran listrik, ada elemen yang mendeteksi besaran yang akan diukur dan menghasilkan sinyal yang kemudian diproses dalam komponen prosesor dan akhirnya hasil pengulturan ditampilkan oleh suatu indikator. Dalam pengukuran tegangan DC, arus DC dan hambatan merupakan hal yang sering dilakukan dengan

menggunakan multimeter digital biasa. Secara umum alat-alat tersebut cukup memadai untuk mengukur sinyal-sinyal di atas level  $1 \mu\text{V}$ ,  $1\mu\text{A}$  dan dibawah  $1 \text{G}\Omega$ . Untuk mengukur sinyal-sinyal berlevel rendah diperlukan alat ukur yang memiliki sensitivitas tinggi seperti elektrometer, pikoammeter dan nanovoltmeter.

Pada dasarnya semua alat ukur yang berdasarkan listrik hanya dapat mengukur besaran tegangan listrik, arus listrik atau kedua-duanya. Adapun alat-alat listrik yang dapat mengukur selain besaran tegangan listrik dan arus listrik misalnya muatan listrik, hambatan listrik, polarisasi listrik dan lain-lain merupakan besaran yang diturunkan dari besaran tegangan dan arus.

Pada jurusan fisika peminatan material, membutuhkan suatu alat yang presisi untuk mengukur polarisasi suatu material. Pada alat elektrometer dapat mengukur besaran tegangan dan arus dari sumber yang memiliki hambatan tinggi. Problem yang dihadapi dalam menggunakan elektrometer Keithley 6517A adalah tidak tersedianya fasilitas pengukuran polarisasi secara langsung dan fasilitas pengukuran muatan, sebagai dasar pengukuran polarisasi, memiliki range terbatas serta pengoperasiannya secara manual. Untuk itu penulis berusaha mengatasi kekurangan tersebut serta mereduksi problem noise dengan menempatkan suatu material pada medan magnetik yang tertutup. Dari hal itu maka penulis membuat alat "Otomatisasi Pengukuran Histerisis Polarisasi Material Akibat Pengaruh Medan Listrik dengan Menggunakan Elektrometer Keithley 6517A".

## 1.2. Tujuan Penelitian

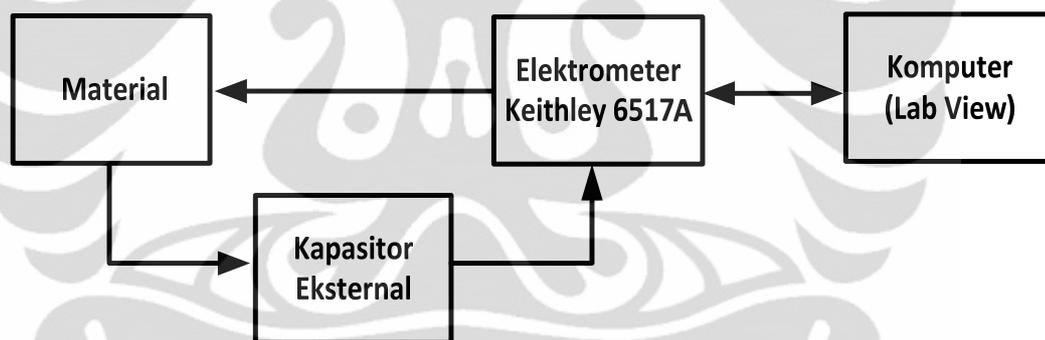
Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan kurikulum Program S1 Ekstensi Fisika, Peminatan Instrumentasi, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Tujuan membuat rancang bangun otomatisasi pengukuran muatan material dengan menggunakan elektrometer ini adalah untuk mengotomatisasi pengukuran nilai histerisis polarisasi versus medan listrik pada suatu material yang dapat diprogram dan ditampilkan dari komputer.

### 1.3. Deskripsi Singkat

Dalam perancangan otomatisasi pengukuran histerisis polarisasi material akibat pengaruh medan Listrik dengan menggunakan elektrometer keithley 6517A membahas design dan cara kerja perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak. Pembuatan sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang telah di rancang. Pembuatan sistem dilakukan secara bertahap, mulai dari pembuatan mekanik, kemudian pembuatan piranti elektronik lalu perangkat lunak.

Sistem ini terdiri dari sebuah material ditambah dengan piranti elektronika (kapasitor eksternal) dan agar medan magnet atau medan listrik tidak terpengaruh dari luar sistem maka ditambah pelindung yang berbentuk persegi dan terbuat dari bahan lumunium. Untuk mengukur polarisasi listrik dan medan listrik digunakan elektrometer, dari elektrometer di hubungkan ke komputer untuk mengolahnya menjadi tampilan bilangan dan grafik polarisasi versus medan listrik.



Gambar 1.1. Blok diagram rancang bangun otomatisasi pengukuran histerisis polarisasi material dengan menggunakan elektrometer

### 1.4. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang akan ditinjau, maka batasan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini difokuskan pada pembuatan mekanika
2. Peralatan penunjang akusisi data (baik piranti elektronika dan lunak/software).

## **1.5. Metode Penelitian**

Metode yang dilakukan untuk membantu dalam pelaksanaan dan penganalisaan alat ini:

### **1.5.1. Studi Literatur**

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Studi literatur ini mengacu pada buku-buku pegangan, *data sheet* dari berbagai macam komponen yang dipergunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang terkait dengan judul yang akan penulis buat.

### **1.5.2. Perancangan Sistem**

Membahas design dan cara kerja perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak. Pada bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan.

### **1.5.3. Pembuatan Sistem**

Pembuatan sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang telah di rancang. Pembuatan sistem dilakukan secara bertahap, mulai dari pembuatan mekanik, kemudian pembuatan piranti elektronik lalu perangkat lunak.

### **1.5.4. Uji Sistem**

Dari sistem yang dibuat maka dilakukan pengujian secara menyeluruh, dengan tujuan untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

### **1.5.5. Pengambilan Data**

Pada bab ini akan diuraikan tentang kinerja dari percobaan dengan harapan dalam pengujian tidak terdapat kesalahan yang fatal.

### **1.5.6. Penulisan Penelitian**

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut

## 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

- Bab 1: Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, tujuan penelitian, deskripsi singkat, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.
- Bab 2: Teori dasar yang berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan dan pembuatan alat.
- Bab 3: Merupakan Perancangan Sistem. Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan tentang design dan cara kerja perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak. Pada bagian piranti lunak akan dibahas program yang digunakan.
- Bab 4: Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.
- Bab 5: Merupakan Penutup yang berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.

## BAB 2 TEORI DASAR

Pada sistem otomatisasi pengukuran histerisis polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dengan menggunakan elektrometer keithley 6517A, diperlukan beberapa pemahaman dasar. Beberapa pemahaman dasar tersebut antara lain: medan listrik, bahan dielektrik, polarisasi, kurva histerisis, kapasitor, elektrometer keithley 6517a, kabel penghubung dengan elektrometer, komunikasi komputer dengan elektrometer dan perangkat lunak menggunakan Lab View

### 2.1. Medan Listrik

Medan adalah suatu besaran yang mempunyai harga pada tiap titik dalam ruang. Atau secara matematis, medan merupakan sesuatu yang merupakan fungsi kontinu dari posisi dalam ruang[1].

Medan Listrik merupakan daerah atau ruang di sekitar benda yang bermuatan listrik di mana jika sebuah benda bermuatan lainnya diletakkan pada daerah itu masih mengalami gaya elektrostatis.

Medan Listrik sering juga di pakai istilah kuat medan listrik atau intensitas medan listrik. Kuat medan listrik di suatu titik adalah gaya yang diderita oleh suatu muatan percobaan yang diletakkan dititik itu dibagi oleh besar muatan percobaan.

$$E = \frac{F}{q} \quad (2.1)$$

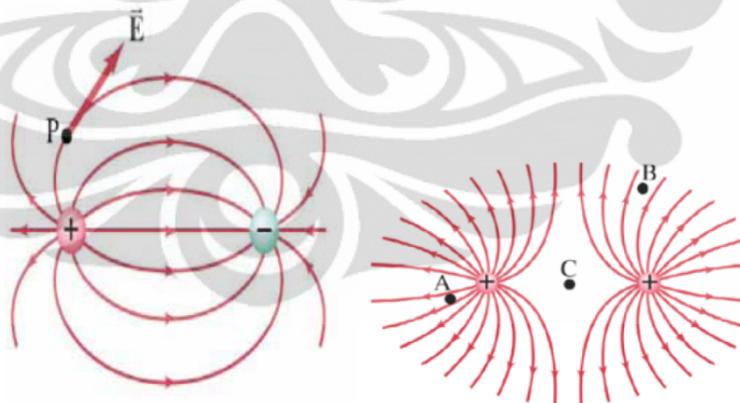
Gaya yang dilakukan oleh satu muatan kepada muatan lainnya bekerja sepanjang garis yang menghubungkan muatan-muatan. besarnya gaya berbanding lurus dengan hasil kali muatan-muatan dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Gaya akan tolak menolak jika muatan-muatan mempunyai tanda yang sama dan akan tarik menarik jika mempunyai tanda yang tidak sama. Hasil ini dikenal sebagai Hukum Coulomb[1]:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2.2)$$

di mana  $k$  adalah tetapan Coulomb yang mempunyai harga  $k = 8,99 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$

Sebuah muatan listrik dikatakan memiliki medan listrik di sekitarnya. Medan listrik adalah daerah di sekitar benda bermuatan listrik yang masih mengalami gaya listrik. Jika muatan lain berada di dalam medan listrik dari sebuah benda bermuatan listrik, muatan tersebut akan mengalami gaya listrik berupa gaya tarik atau gaya tolak.

Arah medan listrik dari suatu benda bermuatan listrik dapat digambarkan menggunakan garis-garis gaya listrik. Sebuah muatan positif memiliki garis gaya listrik dengan arah keluar dari muatan tersebut. Adapun, sebuah muatan negatif memiliki garis gaya listrik dengan arah masuk ke muatan tersebut. Arah medan listrik dari sebuah muatan positif di suatu titik adalah keluar atau meninggalkan muatan tersebut. Adapun, arah medan listrik dari sebuah muatan negatif di suatu titik adalah masuk atau menuju ke muatan tersebut.



Gambar 2.1. Pola garis-garis gaya listrik[2]

## 2.2. Bahan Dielektrik

Berbeda dari konduktor, material ini tidak memiliki elektron-bebas yang dapat bergerak dengan mudah didalam material; elektron dalam dielektrik merupakan elektron terikat. Dibawah pengaruh medan listrik, pada suhu kamar,

pergerakan elektron hampir tidak terdeteksi. Namun pada temperatur tinggi aliran arus bisa terdeteksi jika diberikan medan listrik pada dielektrik. Arus ini bukan saja ditimbulkan oleh elektron yang bergerak tetapi juga oleh pergerakan ion dan pergerakan molekul polar yaitu molekul yang membentuk dipole. Peristiwa pergerakan elektron, ion, dan molekul-molekul polar di dalam dielektrik yang diakibatkan oleh adanya medan listrik disebut *peristiwa polarisasi*. Peristiwa polarisasi menyebabkan dielektrik *terpolarisasi*, suatu keadaan di mana dua sisi yang berlawanan dari selimut dielektrik mengandung muatan yang berlawanan; dielektrik dalam keadaan seperti ini disebut *elektret*. Dalam teknologi elektro dielektrik banyak digunakan pada kapasitor dan sebagai material isolasi. Tiga faktor yang digunakan untuk melihat kualitas dielektrik yaitu permitivitas relatif, faktor disipasi, dan kekuatan dielektrik[3].

Permitivitas relatif suatu dielektrik (disebut juga konstanta dielektrik),  $\epsilon_r$ , didefinisikan sebagai perbandingan antara permitivitas dielektrik,  $\epsilon$ , dengan permitivitas ruang hampa,  $\epsilon_0$ [3].

$$\epsilon_r \equiv \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (2.3)$$

Jika suatu dielektrik dengan permitivitas relatif  $\epsilon_r$  disisipkan di antara elektroda kapasitor pelat paralel yang memiliki luas  $A$  dan berjarak  $d$ , maka kapasitansi pelat paralel yang semula (sebelum disisipi dielektrik)

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.4)$$

Menjadi,

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.5)$$

Atau

$$C = \epsilon_r C_0 \quad (2.6)$$

Jadi penyisipan dielektrik pada kapasitor pelat paralel akan meningkatkan kapasitansi sebesar  $\epsilon_r$  kali. Jika kapasitor diberi tegangan yang berubah terhadap waktu,  $vC$ , maka arus yang mengalir melalui kapasitor,  $iC$ , adalah

$$I_c = C \frac{dV_c}{dt} \quad (2.7)$$

Jika muatan pada kapasitor adalah,  $q_c$ , maka

$$i_c = \frac{dq_c}{dt} = C \frac{dV_c}{dt} \text{ atau } q_c = CV_c \quad (2.8)$$

Jika arus yang melalui kapasitor adalah  $i_c$  maka tegangan yang timbul pada kapasitor adalah

$$V_c = \int \frac{i_c dt}{C} \quad (2.9)$$

Jika tegangan yang diterapkan adalah tegangan bolak-balik sinusoidal,  $V_c = V_0 \sin \omega t$  dengan  $\omega = 2\pi f$  di mana  $f$  adalah frekuensi, maka arus kapasitor

$$\begin{aligned} i_c &= CV_0 \frac{d \sin \omega t}{dt} = CV_0 \cos \omega t \\ &= CV_0 \sin (\omega t + 90^\circ) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Jadi arus bolak-balik pada kapasitor mendahului tegangannya sebesar  $90^\circ$ . Hal ini hanya berlaku jika tidak terjadi kehilangan daya pada dielektrik. Dalam kenyataan arus kapasitor mendahului tegangan dengan sudut kurang dari  $90^\circ$ , yaitu  $(90^\circ - \delta)$ . Jadi

$$i_c = CV_0 \sin (\omega t + 90^\circ - \delta) \quad (2.11)$$

Kekuatan dielektrik (*dielectric strength* disebut juga *breakdown strength*); ia didefinisikan sebagai gradien tegangan maksimum yang masih mampu ditahan oleh dielektrik sebelum terjadi kegagalan fungsi. Nilai hasil pengukuran kekuatan dielektrik ini sangat tergantung dari geometri spesimen, elektroda, dan prosedur pengukuran. Walaupun hasil pengukuran bervariasi, namun data hasil pengukuran setidaknya-tidaknya memberi ancar-ancar dalam menilai dan menggunakan material dielektrik[3].

*Breakdown* diawali oleh munculnya sejumlah elektron di pita valensi. Elektron ini mendapat percepatan dari medan listrik yang tinggi dan mencapai energi kinetik yang tinggi. Dalam perjalanannya sejajar medan listrik, mereka berbenturan dengan elektron valensi dan mentransfer sebagian energinya sehingga elektron valensi mendapat tambahan energi untuk naik ke pita konduksi. Jika elektron awal cukup banyak, maka bisa terjadi banjir elektron (*avalanche*) dan arus listrik meningkat dengan cepat. Kenaikan arus ini bisa menyebabkan terjadinya kerusakan lokal dalam dielektrik, seperti pelelehan, hangus, maupun penguapan[3].

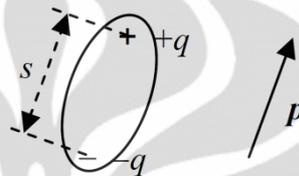
### 2.3. Polarisasi

Kenaikan kapasitansi dari  $C_0$  menjadi  $\epsilon_r C_0$  apabila kapasitor disisipi material dielektrik dihasilkan oleh terjadinya polarisasi. Dalam skala molekul kita membedakan dua macam dielektrik, yaitu *dielektrik polar* dan *dielektrik non-polar*. Dielektrik non-polar tidak mengandung molekul dipole permanen, sedangkan dielektrik polar mengandung dipole permanen. Peristiwa polarisasi dapat terjadi baik pada dielektrik polar maupun dielektrik non-polar[3].

Polarisasi yaitu peristiwa pengutupan atau pergeseran pusat muatan positif dan negatif. Jika dipole terbentuk dengan jarak antara muatan positif  $+q$  dan negatif  $-q$  adalah  $d$ , maka didefinisikan momen dipole  $\mathbf{p}$  (besaran vektor) sebagai:

$$\mathbf{p} = q\mathbf{s} \quad (2.12)$$

Arah momen dipole digambarkan dari muatan negatif ke muatan positif. Gambar dibawah memperlihatkan momendipole pada satu molekul. Tanpa pengaruh medan listrik, arah dipole ini acak. Jika terpolarisasi masing-masing dipole cenderung mensejajarkan diri dengan arah medan listrik.



Gambar.2.2. Momen dipole[3]

Pada dielektrik non-polar, yaitu dielektrik yang tidak memiliki dipole permanen, dipole yang terbentuk dalam proses polarisasi berarah sejajar dengan arah medan listrik. Karena dipole-dipole berarah sejajar dengan arah medan maka kita mudah membayangkan adanya nilai rata-rata *momen dipole* per molekul, walaupun polarisasi yang terjadi bisa merupakan kombinasi polarisasi elektronik, ionik, dan polarisasi muatan ruang. Polarisasi per satuan volume adalah  $P = Np$  dengan  $p$  adalah momen dipole rata-rata. Gambar.2.3. berikut ini memperlihatkan dielektrik nonpolar yang berada di dalam medan listrik homogen yang dibangkitkan oleh muatan-muatan bebas pada elektroda pelat paralel. Kita misalkan ruang antara permukaan dielektrik dan permukaan elektroda merupakan ruang hampa. Polarisasi yang terjadi dalam dielektrika menyebabkan terjadinya lapisan muatan negatif di permukaan dielektrik yang menghadap pada elektroda positif, dan muatan positif pada permukaan dielektrik yang menghadap elektroda negatif. Kerapatan muatan di permukaan dielektrik ini adalah  $P$ , sama dengan polarisasi per satuan volume, seperti digambarkan pada Gambar.2.3.a.

Teorema Gauss memberikan relasi antara kuat *medan homogen* di ruang hampa antara dielektrik dan elektroda (misalnya dengan mengambil ruang

tertutup A Gambar.2.3.a) sebagai Situasi di luar dielektrik tidak akan berubah jika dielektrik digantikan oleh suatu ruang hampa yang mengandung muatan yang terdistribusi tepat sama seperti distribusi muatan yang terjadi dalam dielektrik; hal ini diperlihatkan pada Gambar.2.3.b. Jika kerapatan muatan di permukaan elektroda adalah  $\sigma$ , maka menurut teorema Gauss (misalnya dengan mengambil ruang tertutup B pada Gambar.2.3.b) kuat medan homogen di dalam dielektrik adalah

$$E = \frac{\sigma - P}{\epsilon} \text{ atau } E\epsilon_0 + P = \sigma \quad (2.13)$$

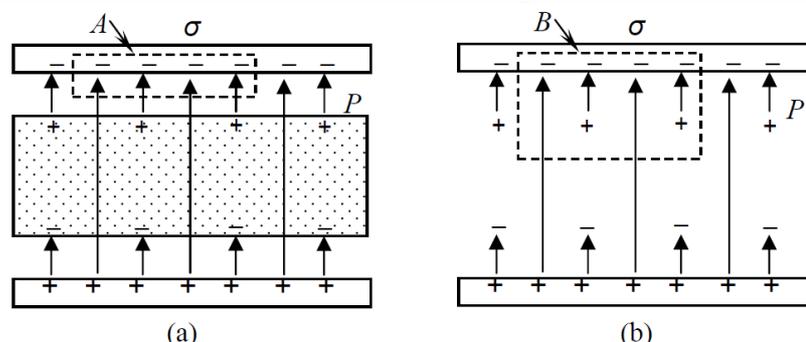
Kita lihat  $(E\epsilon + P)$  hanya tergantung dari kerapatan muatan di elektroda yaitu  $\sigma$ ; inilah yang disebut sebagai *displacement* dengan simbol  $D$ [3].

$$D = \frac{V}{L}\epsilon_0 + P \quad (2.14)$$

Dimana  $\epsilon_0$  adalah konstanta permitivitas ruang hampa dan  $V$  adalah tegangan yang melewati kapasitor, sehingga polarisasi dielektrik didalam kapasitor ditulis sebagai[4]:

$$P = D - \epsilon_0 \frac{V}{L} = \frac{Q}{\oint dS} - \epsilon_0 \frac{V}{L} = \frac{Q}{A} - \epsilon_0 \frac{V}{L} \quad (2.15)$$

Persamaan inilah yang dipakai dalam pengukuran polarisasi material karena kemampuan alat hanya bisa mengukur besaran muatan  $Q_f$  saja di permukaan pelat kapasitor



Gambar 2.3. Dielektrik dalam medan listrik homogen[3]

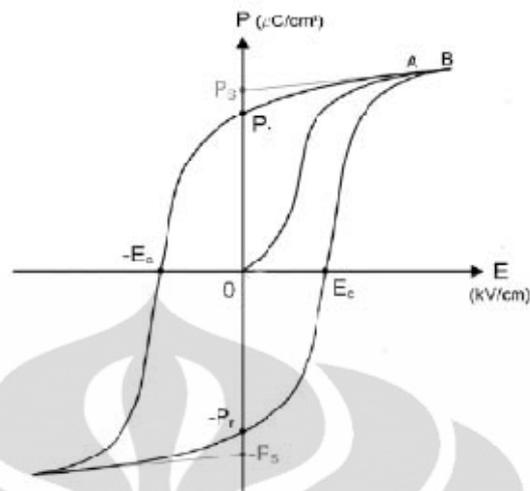
## 2.4. Kurva Histerisis

Kurva ini adalah karakteristik kebergantungan magnetisasi ( $M$ ) terhadap  $H$ . Kurva histeresis loop antara  $B$  dan  $H$  biasanya disebut histeresis loop normal. Hasil pengukurannya diperoleh informasi tentang medan saturasi, remanensi dan coercivitas yang ketiganya berkaitan dengan sifat bahan dalam aplikasi medan magnetik dan ataupun medan listrik.

Saturasi adalah magnetisasi bahan yang tidak mengalami perubahan sekalipun medan aplikasi diperbesar (pada kondisi medan aplikasi tertentu magnetisasi bahan tidak berubah). Termagnetisasi penuh atau terisi penuh (dalam kasus muatan: sudah stagnan dan tidak mengalami perubahan lagi karena sudah penuh).

Remanensi (sisa) adalah magnetisasi sisa ketika medan aplikasi magnetik ditiadakan ( $H=0$ ). Dalam bahasa teknik diartikan sebagai informasi (energi) yang masih tersisa dalam media penyimpan data setelah terhapus. Dalam rangkaian magnetik, remanensi dapat diartikan sebagai induksi magnetik sisa dalam rangkaian magnetik walaupun aplikasi gaya magnetik dihilangkan. Kehadiran kolom udara (*air gap*) dalam rangkaian akan menyebabkan Medan remanensi lebih kecil daripada medan induksi sisa ( $B_r$ ).

Coercivitas adalah ketahanan bahan magnetik untuk mengubah magnetisasinya, atau besarnya kuat medan magnetik yang diaplikasikan untuk mendemagnetisasi (mengurangi magnetisasi bahan menjadi nol) bahan dari keadaan termagnetisasi saturasi, atau daya yang diperlukan untuk memagnetisasi atau mendemagnetisasi magnet permanen yang diukur dalam MegaGauss Oersted (MGO). Dalam aplikasi teknik dapat diartikan untuk menunjukkan seberapa kuat medan yang digunakan untuk mempengaruhi data magnetik yang dikodifikasikan dalam strip magnetik atau seberapa kuat medan magnet aplikasi untuk mengkodifikasikan informasi dalam magnetik strip. Besaran ini biasanya diukur dalam Oersted (Oe). Istilah lain yang sering digunakan untuk menyatakan koercifitas rendah atau tinggi adalah LoCo dan HiCo[5].

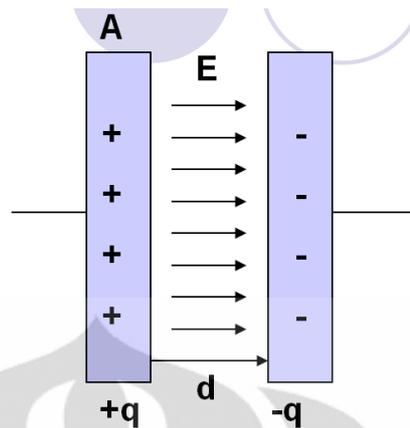


Gambar 2.4. Kurva histerisis bahan ferroelektrik[6]

## 2.5. Kapasitor

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf “C” adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi/muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867). Satuan kapasitor disebut Farad (F)[7].

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan[7].



Gambar 2.5. Struktur kapasitor[8]

Kapasitor keping sejajar adalah kapasitor yang terdiri dari dua keping konduktor yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Kedua keping kapasitor dihubungkan dengan baterai. Baterai akan memberikan muatan  $+q$  pada keping pertama dan  $-q$  pada keping kedua. Dalam celah antara kedua keping akan timbul medan listrik. Bila jarak antara keping adalah  $d$ , medan listrik yang timbul adalah  $E$  dan tegangan antara kedua keping adalah  $V$ , maka hubungannya dapat dituliskan[8]:

$$V = E \cdot d = \frac{Q \cdot d}{\epsilon_0 A} \quad (2.16)$$

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan electron[7]. Coulombs pada abad 18 menghitung bahwa 1 coulomb =  $6.25 \times 10^{18}$  elektron. Kemudian Michael Faraday membuat postulat bahwa sebuah kapasitor akan memiliki kapasitansi sebesar 1 farad jika dengan tegangan 1 volt dapat memuat muatan elektron sebanyak 1 coulombs. Dengan rumus dapat ditulis :

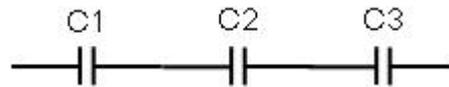
$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.17)$$

$Q$  = muatan elektron dalam  $C$  (coulombs)

$C$  = nilai kapasitansi dalam  $F$  (farad)

$V$  = besar tegangan dalam  $V$  (volt)

Rangkaian kapasitor secara seri akan mengakibatkan nilai kapasitansi total semakin kecil. Di bawah ini contoh kapasitor yang dirangkai secara seri.

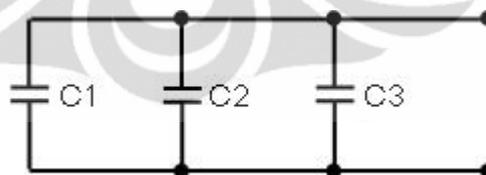


Gambar 2.6. Kapasitor dirangkai seri

Saat beberapa buah kapasitor disusun seri maka muatan listrik pada masing-masing kapasitor adalah sama, karena muatan tidak dapat mengalir menembus kapasitor maka muatan yang terdapat pada keping kapasitor yang berada di tengah adalah hanya akibat induksi muatan listrik pada keping kapasitor yang berada di pinggirnya. Pada rangkaian kapasitor yang dirangkai secara seri berlaku rumus :

$$\frac{1}{C_{\text{TOTAL}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (2.18)$$

Bila beberapa N buah kapasitor disusun paralel maka masing-masing kapasitor akan memiliki tegangan yang sama. Rangkaian kapasitor secara paralel akan mengakibatkan nilai kapasitansi pengganti semakin besar[7]. Di bawah ini contoh kapasitor yang dirangkai secara paralel.



Gambar 2.7. Kapasitor dirangkai paralel

Pada rangkaian kapasitor paralel berlaku rumus:

$$C_{\text{TOTAL}} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (2.19)$$

## 2.6. Pengukuran Muatan

Dalam pengukuran polarisasi ini, hasil yang didapatkan tidaklah langsung, melainkan dengan pengukuran muatan yang berada di permukaan pelat kapasitor yang melingkupi material. Hasil pengukuran muatan tersebut diolah dengan menggunakan persamaan 2.15 yang dimasukkan ke program labview untuk mendapatkan hasil dalam bentuk polarisasi.

### 2.6.1. Metode dasar pengukuran muatan

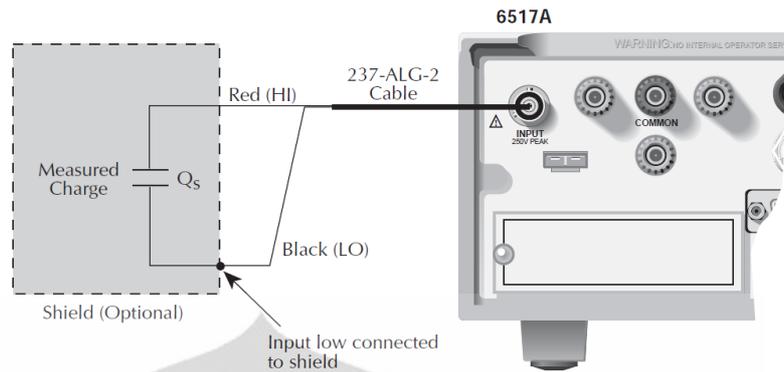
Muatan listrik didefinisikan sebagai arus listrik yang mengalir dikali integral waktu. Muatan listrik sering diukur dalam bentuk jumlah partikel yang berada pada sebuah permukaan plat kapasitor[4].

$$Q = \int i dt \quad (2.20)$$

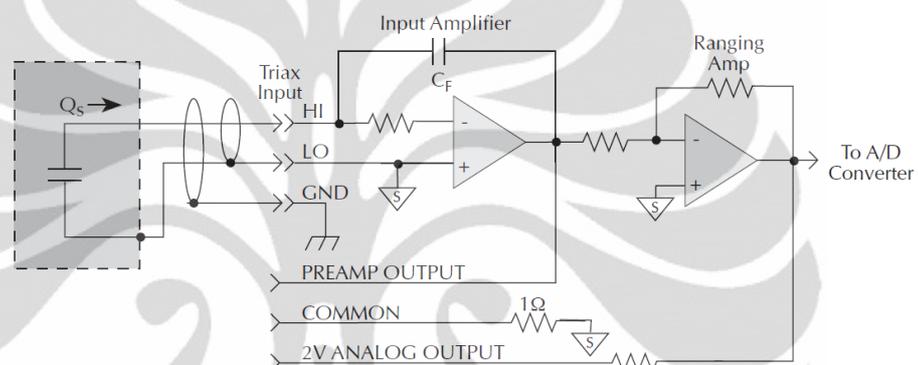
Muatan listrik dari pengukuran secara langsung susah untuk didapatkan, untuk itu perlu ada metode lain yang bisa mempermudah pengukuran. Salah satu cara untuk mengukur muatan listrik yang dicari adalah mengukur tegangan kapasitor yang sudah diketahui nilai kapasitansinya, sehingga apabila telah didapatkan nilai tegangan dan kapasitansinya, maka nilai muatannya didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.17.

### 2.6.2. Pengukuran Muatan dengan Elektrometer 6517A

Elektrometer keithley 6517A memiliki range pengukuran antara 10fC ( $10^{-14}$  C) sampai dengan 2,1  $\mu$ C[9]. Pengukuran muatan dengan menggunakan Keithley 6517A dapat dilakukan secara langsung. Material Uji ditempatkan pada sebuah tempat khusus yang dapat menghilangkan gangguan dari medan magnetik dari luar.



Gambar 2.8. Rangkaian pengukuran muatan[9]



Gambar 2.9. Rangkaian ekuivalen pengukuran muatan[9]

Muatan listrik didefinisikan sebagai arus listrik yang mengalir dikalikan integral waktu.

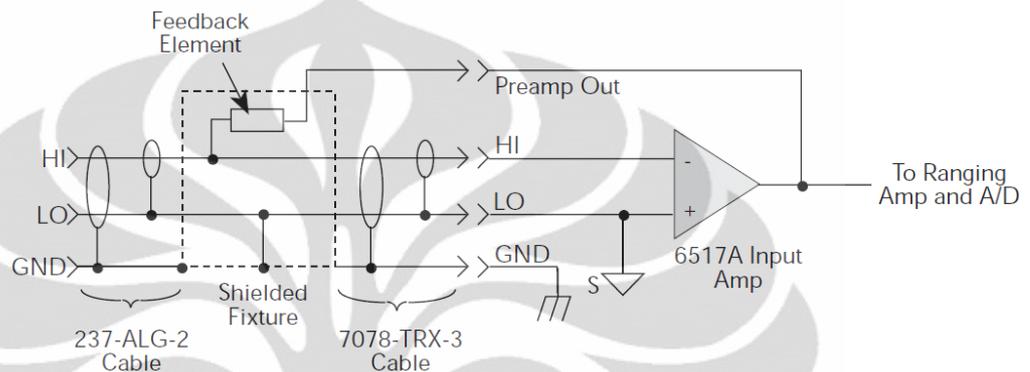
$$Q_s = \int i dt = CV \quad (2.21)$$

Maka pengukuran muatan pada elektrometer Keithley 6517A adalah pengukuran tegangan pada kapasitor  $C_F$  dikalikan dengan nilai kapasitansi dari kapasitor tersebut[9].

### 2.6.3. Pengukuran Muatan Menggunakan Kapasitor Eksternal

Elektrometer keithley 6517A memiliki range pengukuran yang terbatas antara  $10\text{fC}$  ( $10^{-14}$  C) sampai dengan  $2,1 \mu\text{C}$ [9], untuk dapat melakukan pengukuran diluar batas range yang ditentukan, maka diperlukan penempatan

kapasitor luar sebagai umpanbalik yang dihubungkan antara output terminal preamp out dengan input terminal HI dari elektrometer Keithley 6517A. Penempatan kapasitor luar dapat menambah kemampuan alat ukur dari elektrometer Keithley 6517A sesuai dengan besar kecilnya nilai kapasitansi dari kapasitor tersebut.



Gambar 2.10. Pengukuran muatan dengan umpan balik kapasitor eksternal[9]

Nilai muatan didapat dari nilai kapasitansi dikali dengan nilai tegangan,  $Q=CV$ . Pada elektrometer Keithley 6517A membaca nilai muatan dalam C. misalkan kapasitor eksternal memiliki nilai  $10\mu\text{F}$  dan tegangan yang terukur sebesar 1 volt, maka nilai muatan yang terukur sebesar  $10\mu\text{C}$ .

Pada prakteknya, kapasitor eksternal umpanbalik yang direkomendasikan untuk alat ini harus lebih besar dari  $100\text{ pF}$  agar mendapatkan umpanbalik yang stabil dan mendapatkan dielektrik material yang sesuai untuk menjamin sedikit kebocoran dan sedikit absorpsi dielektrik [9].

## 2.7. Kabel Penghubung

Kabel low noise yang di gunakan pada keithley 6517A sebagai berikut:

- Model 237-ALG-2.

Kabel triaxial ini panjang 2 meter dengan 3 slot male, 3 penjepit alligator [5]. Penjepit alligator berwarna merah di hubungkan ke tengah konduktor (untuk input high), yang berwarna hitam di hubungkan ke inner

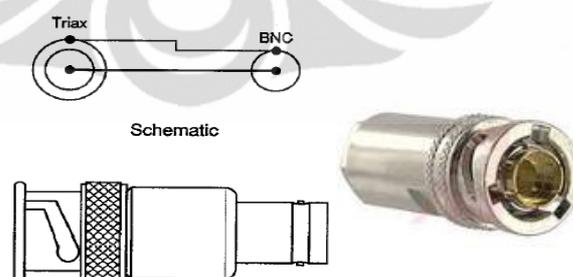
shield (untuk input low atau guard), dan yang berwarna hijau di hubungkan ke outer shield ( untuk chassis ground)

- Model 7078-TRX-3

Model kabel triax 7078-TRX-3 adalah TRIAX 3-slot yang male-nya ke adaptor female BNC [5]. Hal ini dapat digunakan untuk menghubungkan peralatan ke kabel BNC dengan 3-lug konektor TRIAX (Seperti Model 7072 semikonduktor matriks). Selubung luar terhubung ke shell TRIAX. Disini tidak ada koneksi melalui untuk melindungi TRIAX di dalam. Oleh karena itu tegangan berbahaya dari guard source tidak akan muncul pada shell BNC.

Tabel 2.1. Spesifikasi kabel triax 7078-TRX-3

Tegangan Kerja	600V peak center conductor to inner shield 1300V peak center conductor and inner shield outer shell.
Maksimum Arus Kerja	1 A peak
Lingkungan operasi	0 <sup>0</sup> C sampai 50 <sup>0</sup> C, up to 70 % pada ≤ 35 <sup>0</sup> C
Resistansi Kontak	≤ 0.5 Ω
Resistansi Isolasi	10 <sup>15</sup> Ω center conductor to inner shield (500V uji tegangan, 23 <sup>0</sup> C @ ≤ 40% RH.



Gambar 2.11. Kabel triax 7078-TRX-3

Dari gambar tersebut terlihat bahwa kabel tersebut memiliki tiga bagian penting yaitu central konduktor, inner shield, dan outer shield. Dari

ketiga koneksi tersebut central konduktor untuk input high , inner shield untuk output low atau guard , dan outer shield untuk chasis ground atau output low.

Untuk keamanan dalam penggunaan kabel ini yaitu penghubung triaxial Outer shield untuk proteksi dari tegangan pada bagian central konduktor dan inner shield. Memastikan outer shell selalu terhubung ke earth ground. Jangan menyentuh atau mengubah koneksi ketika power sedang hidup. Sebelum menghubungkan atau memutuskan adapter biasakan system power dalam keadaan off.

- Model 7078-TRX-10

Model ini sama seperti Model 7078-TRX-3 kecuali panjangnya yaitu 10 ft [5].

- Model 7078-TRX-20

Model ini sama seperti Model 7078-TRX-3 kecuali panjangnya yaitu 20 ft [5].

- Kabel Banana 8607

Kabel Banana 8607 terdiri dari satu kabel berwarna merah dan satu kabel berwarna hitam dengan ujung pengaman steker banana[9].

Tabel 2.2. Spesifikasi kabel banana 8607

Tegangan Maksimum	1500 volt
Arus Maksimum	10 Ampere
Panjang Kabel	1 meter



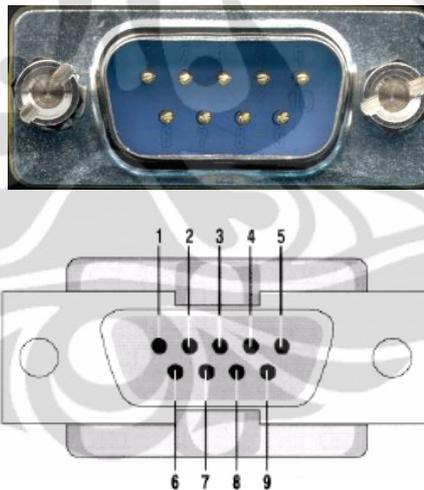
Gambar 2.12. Kabel banana 8607

- Kabel DB-9 (RS 232)

Pada Keithley 6517A menyediakan fasilitas komunikasi dengan komputer dengan menggunakan port serial. Port serial pada model Keithley 6517A bisa dihubungkan dengan port serial pada komputer dengan menggunakan kabel RS-232 dengan memakai konektor DB-9. Port serial yang standar digunakan pada RS-232 adalah transmit (Tx), receive (Rx), signal ground (Gnd).

Tabel 2.3. Fungsi-fungsi kaki DB-9

Nomor Pin	Keterangan	Fungsi
2	Transmitter Data (Tx)	Untuk pengiriman data serial
3	Receive Data (Rx)	Untuk penerimaan data serial
5	Signal Ground (Gnd)	Untuk ground



Gambar 2.13. Konfigurasi serial DB-9[10]

## 2.8. Komunikasi Dengan Komputer

Komunikasi serial ialah pengiriman data secara serial (data dikirim satu per satu secara berurutan) sehingga komunikasi serial jauh lebih lambat daripada komunikasi paralel. Serial port lebih sulit ditangani karena peralatan yang dihubungkan ke serial port harus berkomunikasi menggunakan transmisi serial

sedangkan data di komputer diolah secara paralel. Dikenal ada dua cara komunikasi data secara serial, yaitu komunikasi data serial secara sinkron dan komunikasi data serial secara asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, clock dikirim bersama-sama dengan data serial, sedangkan komunikasi data serial secara asinkron, clock tidak dikirimkan bersama-sama dengan data serial, tetapi dibangkitkan secara sendiri-sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*). Pada IBM PC kompatibel port serialnya termaksud jenis asinkron. Komunikasi data serial ini dikerjakan oleh UART (*Universal Asynchronous Receiver/ Transmitter*) yang mengubah data paralel menjadi data serial lalu diubah menjadi data paralel. Komunikasi serial port bersifat asinkron sehingga sinyal detak tidak dikirim bersama data. Setiap word disinkronkan dengan start bit dan sebuah clock internal di kedua sisi menjaga bagian data saat pewaktuan (*timing*).

Penentuan jenis sinyal dan konektor yang dipakai, serta susunan sinyal pada kaki- kaki di konektor. Beberapa parameter yang ditetapkan EIA (*Electronics Industry Association*) antara lain:

1. Sebuah 'spasi' (logika 0) antara tegangan +3 s/d +25 volt
2. Sebuah 'tanda' (logika 1) antara tegangan -3 s/d -25 volt
3. Daerah tegangan antara +3 s/d -3 volt tidak didefinisikan
4. Tegangan rangkaian terbuka tidak boleh lebih dari 25 volt (dengan acuan ground)
5. Arus hubung singkat rangkaian tidak boleh lebih dari 500 mA.

Sebuah penggerak (*driver*) harus mampu menangani arus ini tanpa mengalami kerusakan. Selain mendeskripsikan level tegangan seperti yang dibahas di atas, standard RS232 menentukan pula jenis-jenis sinyal yang dipakai mengatur pertukaran informasi antara DTE dan DCE, semuanya terdapat 24 jenis sinyal tapi yang umum dipakai hanyalah 9 jenis sinyal. Konektor yang dipakai pun ditentukan dalam standard RS232, untuk sinyal yang lengkap

dipakai konektor DB25, sedangkan konektor DB9 hanya bisa dipakai untuk 9 sinyal yang umum dipakai[10].

## 2.9. Perangkat Lunak Menggunakan LabView

Elektrometer Keithley 6517A perlu suatu alat komunikasi dengan komputer dengan sebuah perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat lunak yang digunakan pada Keithley antara lain C++, QBasic, MathLab, LabView, SCPI, dll. Namun software yang digunakan adalah pemrograman LabView dan program bahasa SCPI. Software ini bisa dipakai untuk komunikasi interface yang telah mengikuti standar pada elektrometer.

LabView adalah salah satu bahasa pemrograman komputer grafik yang menggunakan icon-icon sebagai pengganti teks dalam membuat aplikasi. LabView (singkatan dari *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*) adalah perangkat lunak komputer untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi serta automasi industri yang pertama kali dikembangkan oleh perusahaan National Instruments pada tahun 1986. Perangkat lunak ini dapat dijalankan pada sistem operasi Linux, Unix, Mac OS X dan Windows.

System yang digunakan dalam LabView menggunakan VISA (*Virtual Instrument Standard Architecture* atau *Virtual Instrument Software Architecture*) yang berarti system software driver untuk memastikan berbagai macam perangkat lunak juga bisa bekerja di dalam interface.

Program LabView disebut dengan Virtual Instrumen (VI) karena beberapa tampilan dan operasi pada program LabView menyerupai suatu instrument seperti osiloskop dan multimeter. Setiap VI menggunakan fungsi-fungsi yang memanipulasi input dari user interface atau sumber lain dan menampilkan informasi tersebut atau memindahkan informasi tersebut ke file/komputer lain.

LabView terdiri dari tiga komponen, yaitu :

1. Front panel, merupakan user interface,
2. Block diagram, terdiri dari sumber-sumber grafik yang mendefinisikan fungsi-fungsi dari VI,
3. Icon dan connector panel, mengidentifikasi suatu VI sehingga bisa digunakan pada VI yang lain. VI yang terdapat pada VI lain disebut dengan subVI

LabView di pakai sebagai interface dengan electrometer 6517A menggunakan driver NI-VISA yang di keluarkan oleh National Instrument dan perintah-perintahnya mengikuti pada standar program bahasa Standard Command for programmable Instrument (SCPI) dan pada standar IEEE-488.2[11].



## BAB 3 PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan sistem (mekanik dan elektronik) beserta cara kerja dari *software* yang digunakan penulis dalam penyusunan alat “Otomatisasi Pengukuran Histerisis Polarisasi Material Akibat Pengaruh Medan Magnet dengan Menggunakan Elektrometer Keithley 6517A”.

### 3.1 Sistem Kerja Alat

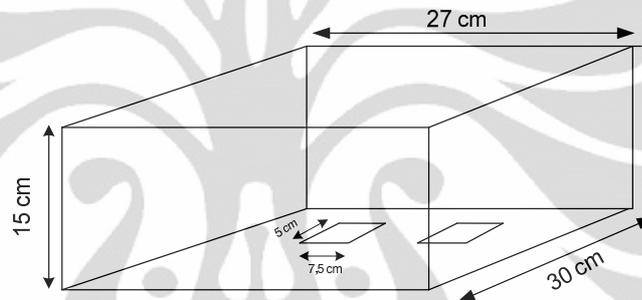
Prinsip aliran kerja pada gambar 3.1 dimulai dari komputer tersebut untuk menginisialisasi perintah dari sebuah program labview ke elektrometer untuk memberikan supply tegangan ke sample, kemudian elektrometer tersebut dapat mengambil data yang di perlukan dari sample dan di kirim ke komputer, komputer akan mengolah data yang di peroleh dari sample tersebut menggunakan program labview menjadi hasil dan tampilan grafik yang di inginkan. Cara tersebut dilakukan secara berulang-ulang sampai batas pengukuran yang di tentukan telah tercapai. Hal ini agar di dapat pengukuran yang paling mendekati taksiran atau pendekatan nilai besaran ukur yang baik.



Gambar 3.1. Blok diagram cara kerja alat

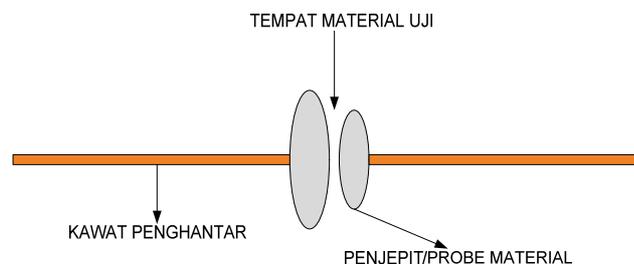
### 3.1.1 Tempat Pelindung Sampel

Tempat pelindung sampel ini merupakan tempat untuk melindungi kapasitor eksternal dan material agar tidak terpengaruh medan magnet atau medan listrik dari luar. Tempat pelindung sampel ini terbuat dari sebuah alumunium agar tidak terpengaruh medan magnet dari luar, untuk bagian kotak ukuran panjang 30cm, lebar 27 cm dan tinggi 15 cm dan untuk penutup ukuran panjang 30cm, lebar 27 cm dan tinggi 1 cm. Pada bagian bawah pelindung sampel di lubangi berbentuk persegi dengan panjang 5 cm dan lebar 7,5 cm, hal ini dilakukan untuk tempat memasukkan besi yang ada pada koil magnet. Berikut gambar tempat pelindung sampel.



Gambar 3.2. Tempat pelindung sampel

Agar ketika eksperimen berlangsung kita tidak memegang material secara terus menerus sampai eksperimen berakhir, maka pada alat laybold jerman (koil magnetic) pada bagian lubang pada besinya ditambahkan penjepit (probe) yang terbuat dari bahan kuningan. Ukuran kawat penghantar mempunyai diameter 2,5 mili dan ukuran penjepit/probe material berdiameter 1 cm, 1,5 cm, 2 cm dan 3 cm.



Gambar 3.3. Probe penjepit material

Material ini akan di hubungkan dengan *common* elektrometer keithley 6517A. Kabel data penghubung antara material di dalam tempat tersebut dan elektrometer menggunakan kabel koaksial dan di ubah menjadi triaksial. Untuk penghubung sumber tegangan keithley ke material dengan menggunakan kabel tunggal serabut.

### 3.1.2 Elektrometer

Elektrometer adalah alat pengukur muatan atau beda potensial. Prinsipnya sama halnya dengan multimeter digital biasa (DMMs) yaitu dapat melakukan pengukuran tegangan, arus, dan hambatan. Pada elektrometer dapat mengukur tegangan DC dari  $1\mu\text{V}$  sampai 210V, mengukur arus DC dari 10aA sampai 21mA, mengukur muatan dari 10fC sampai  $2.1\mu\text{C}$ , mengukur hambatan dari  $10\Omega$  sampai  $210\text{T}\Omega$  dan memiliki sensitivitas yang tinggi, pengukurannya jauh melampaui kemampuan dari multimeter biasa serta dapat dihubungkan ke komputer .

Elektrometer yang di gunakan adalah keithley 6517 berfungsi penyedia sumber tegangan dan alat pengukur. Instrumen ini ada fasilitas sumber tegangan yang dapat di seting pada program, seperti setting waktu ukur, tegangan offset, alternating tegangan, range arus yang di gunakan.untuk setiap kenaikan dan step penurunan minimal 0.005 volt dengan rentang minimal waktu 1 milidetik.

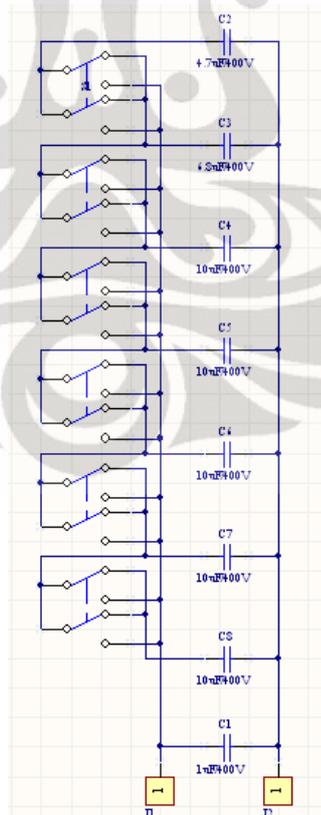
Pada bagian belakang electrometer terdapat common-common penghubung. Pada Kabel HI dan LO dari sumber tegangan electrometer di hubungkan ke wadah yang di taruh sampel.



Gambar 3.4. (a) Tampak depan dan (b) tampak belakang elektrometer keithley 6517A[12]

### 3.1.3 Kapasitor Eksternal

Elektrometer keithley 6517A memiliki range pengukuran yang terbatas antara  $10\text{fC}$  ( $10^{-14}\text{ C}$ ) sampai dengan  $2,1\ \mu\text{C}$ , untuk dapat melakukan pengukuran diluar batas range yang ditentukan atau peningkatan kemampuan range pembacaan dari alat tersebut, maka diperlukan penempatan kapasitor luar sebagai umpanbalik yang dihubungkan antara output terminal preamp out dengan input terminal HI dari elektrometer Keithley 6517A[9]. Dalam pembuatan alat ini digunakan tujuh buah kapasitor yang berukuran  $1\mu\text{F}$ ,  $4.3\mu\text{F}$ ,  $6.8\mu\text{F}$ ,  $10\mu\text{F}$ ,  $10\mu\text{F}$ ,  $10\mu\text{F}$  dan  $10\mu\text{F}$ . Tujuan digunakan kapasitor yang banyak agar pengukuran muatan bisa bervariasi. Antara kapasitor yang satu dengan yang lainnya dihubungkan parallel agar nilai kapasitansinya bertambah. Untuk pemilihan kapasitor digunakan saklar 3 x 6 yang satu sama lain saling berhubungan dan hanya satu tombol saklar yang bisa dipilih. Berikut gambar rangkaian kapasitor eksternal.



Gambar 3.5. Rangkaian kapasitor eksternal

Cara kerja rangkaian diatas jika tombol tidak ada yang ditekan maka kapasitor yang terhubung dengan elektrometer sebesar  $C_1$ . Apabila tombol satu ditekan, maka besarnya kapasitor adalah  $C_1 + C_2$ . Apabila saklar dua ditekan, maka besarnya kapasitor adalah  $C_1 + C_2 + C_3$  dan seterusnya apabila saklar enam ditekan, maka besarnya kapasitor adalah  $C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$ .

Tabel 3.1. Nilai kapasitansi

No	Tombol	Nilai Kapasitansi (uF)
1	T0	1
2	T1	5.7
3	T2	12.5
4	T3	22.5
5	T4	32.5
6	T5	42.5
7	T6	52.5

Kapasitor eksternal ini ditempatkan di dalam tempat pelindung yang terisolasi dari gangguan (*noise*) serta dihubungkan melalui kabel koaksial terhadap elektrometer.

#### 3.1.4 Komputer

Penggunaan komputer ini sangat penting dalam system pengukuran yang di kerjakan, dimana sebagai pengendali perintah untuk pengukuran dan dapat mengambil data hasil pengukuran juga mengelolah hasil pengukuran menjadi data yang di tampilkan dalam bentuk angka-angka dan grafik.

Pada pemrograman yang digunakan untuk dapat melakukan sebuah proses perintah dan di kenal oleh electrometer dengan menggunakan program LabView, dengan perintah standar IEE-488.2, SCPI dan juga yang di sediakan dari LabView.

### 3.2 Komunikasi Serial Elektrometer Dengan Komputer

Serial komunikasi yang di pakai pada elektrometer keithley 6517A adalah menggunakan komunikasi serial melalui RS-232. Pada interface ini mengirim pesan program dan menerima pesan dari instrument. Juga dapat melakukan komunikasi talk and listening antara device yang lain seperti pada serial printer. Perintah-perintah yang di gunakan keithley 6517A adalah IEE-488.2 dengan program bahasa SCPI untuk serial komunikasi RS-232, bukan menggunakan program bahasa DDC karena tidak bisa di gunakan untuk serial komunikasi RS-232[9].

#### 3.2.1 Konfigurasi Serial RS-232 Elektrometer 6517A

Untuk melakukan konfigurasi serial electrometer 6517A dengan melakukan beberapa langkah sebagai berikut:

- Menekan MENU
- Memilih COMMUNICATION
- Memilih RS-232, lalu menekan enter
- Memilih CONTROL, kemudian melanjutkan dengan memilih mode interface. Mode interface yang di pilih adalah SEND-RECEIVE atau TALK ONLY untuk mengirim dan menerima perintah.
- Menyetting BAUD rate, pilih BAUD rate yang ingin di gunakan. Misal pilih 9600, lalu exit. Memilih angka BITS yang di gunakan, Misal pilih 8 lalu exit. Lalu memilih PARITY yang di gunakan, Misal pilih NONE lalu exit. Dan juga memilih STOP dengan missal pilih 1, lalu exit.
- Melanjutkan dengan memasukkan elemen data yang ingin di masukan dalam komunikasi. Kata kunci yang di gunakan hanya dengan *yes* atau *no*[9].

#### 3.2.2 Konfigurasi Serial Komputer

Fasilitas komunikasi elektrometer itu dapat melau GPIB, protocol TCP/IP dan RS-232. Disini komunikasi yang digunakan dengan serial RS232. Sebelum dilakukan konfigurasi di komputer sudah dipastikan bahwa kabel serial konektor DB-9 terpasang antara elektrometer dan komputer. Kemudian melakukan

konfigurasi di computer dengan menggunakan program LabView dengan mengikuti standar NI-VISA yang ada pada keithley 6517A.

Untuk melakukan konfigurasi serial di komputer adalah dari komunikasi software yang telah di buat dan mengkonfigurasikan interface serial RS-232 di komputer adalah sebagai berikut:

- RTS-CTS OFF
- XON – XON : ON
- Local cho: ON
- Menggunakan VT-100
- Mencocokkan semua penyettingan parameter RS232 seperti BAUD rate, data bits, PARITY, stop bits di computer dengan penyettingan parameter RS232 di serial electrometer keitley 6517A.

Setelah selesai mengkonfigurasikan maka computer dapat bisa komunikasi dengan elektrometernya[9].

### **3.3 Prosedur Eksperimen**

Sebelum melakukan pengujian-pengujian dan pengambilan data terlebih dahulu diketahui prosedur pemakaian elektrometer. Berikut prosedur pemakaian elektrometer.

#### **3.3.1 Mereset Elekerometer Keithley 6517A**

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang baik electrometer harus di reset ulang terlebih dahulu sebelum di gunakan dalam pengukuran agar keadaannya menjadi normal. Yang perlu di reset adalah tegangan offset dan input arus bias. Berikut ini adalah prosedur untuk mereset keithley 6517A:

- Menekan MENU pada front panel
- Memilih CAL, kemudian enter, setelah itu memilih OFFSET-ADJ dan menekan enter, kemudian akan muncul sebuah dialog CONNECT TRIAX SHORT.
- Menghubungkan TRIAX dengan HI dan LO, lalu menekan enter. Dalam proses offset ini dilayar muncul dialog “Performing V offset calibration”.

- Bila sudah selesai menekan EXIT untuk kembali ke tampilan semula[9].

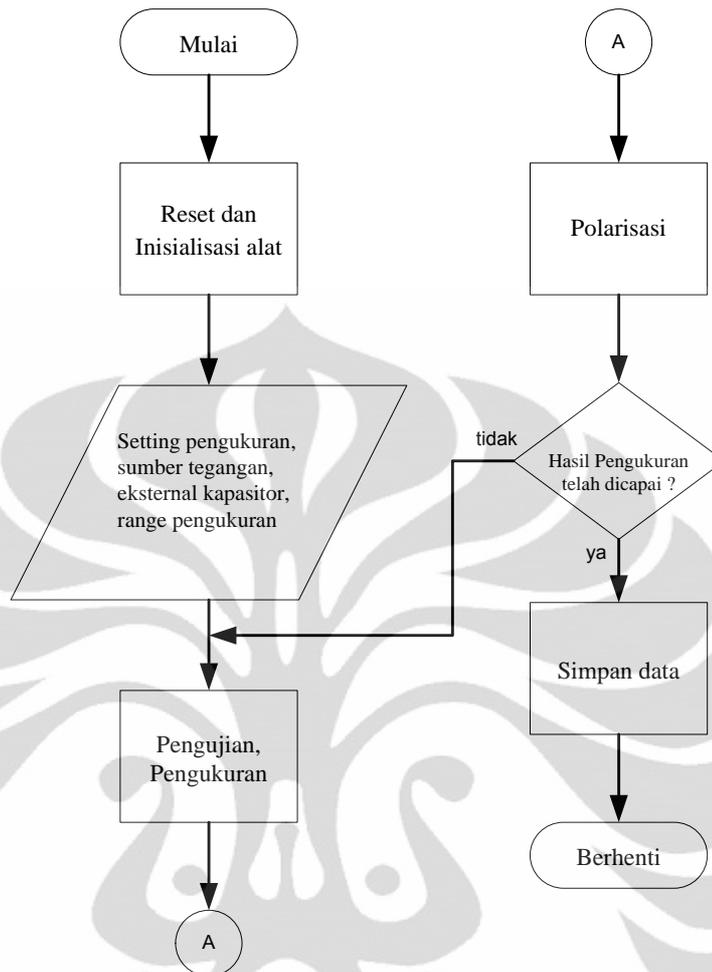
### 3.3.2 Prosedur Umpanbalik Eksternal Kapasitor

Berikut ini adalah prosedur umpanbalik eksternal kapasitor pada Keithley 6517A:

- Menghubungkan kapasitor eksternal antara terminal PREAMP OUT dengan terminal input high.
- Memilih fungsi volt (V).
- Memilih eksternal feedback sebagai berikut:
  - ✓ Menekan CONFIG V pada menu layar CONFIGURE DCV
  - ✓ Memindahkan kursor ke EXT-FDBK, lalu menekan enter
  - ✓ Memindahkan kursor jadi ON, lalu menekan enter
  - ✓ Setelah memilih EXIT untuk kembali ke menu semula.
- Pada layar akan menunjukkan pengukuran output tegangan pada input preamplifier (PREAMP OUT)[9].

### 3.4 Perancangan Software

Pada bagian ini akan di jelaskan tentang perancangan software dari system yang telah di buat termasuk diagram alir program yang digunakan. Secara umum diagram alir dari program pengukuran dapat di gambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.6 Diagram Alir Program Pengukuran Secara Umum

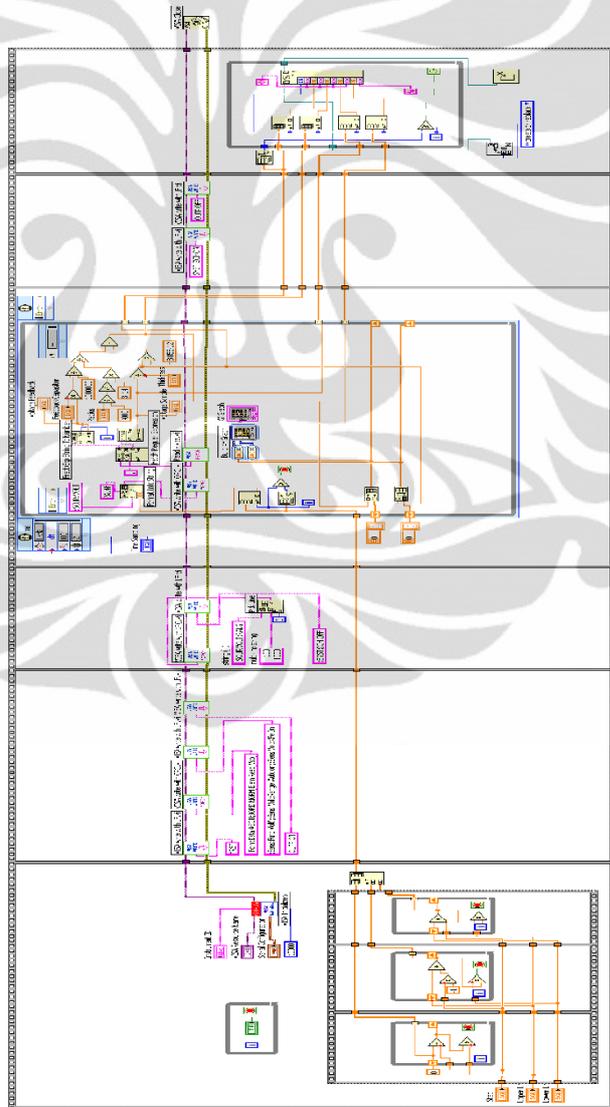
Dari alur diagram diatas, setelah memastikan komunikasi serial antara elektrometer dengan komputer, maka kondisi ini sudah siap untuk melakukan komunikasi di antara keduanya. Komputer dengan program yang di buat membuka jalur komunikasi dengan keithley yang akan melakukan perintah di reset untuk keadaan menjadi normal. Komputer melakukan penyetingan komunikasi seperti BAUD rate, data bits, PARITY, stop bits, pengaktifan *eksternal feedback*, mengaktifkan sumber tegangan dan mengatur range pengukuran minimum hingga maksimum.

Sumber tegangan dapat di ubah dengan kenaikan atau penurunan yang di atur dengan waktu. Kapasitor eksternal dilakukan untuk mendapatkan muatan sehingga didapatkan polarisasi. Pengukuran dapat dilakukan secara berulang

sampai batas yang diberikan. Jika hasil pengukuran dicapai, komputer menampilkan hasil pengukuran di layar tampilan berupa angka dan grafik, lalu computer memutuskan hubungan fasilitas VISA.

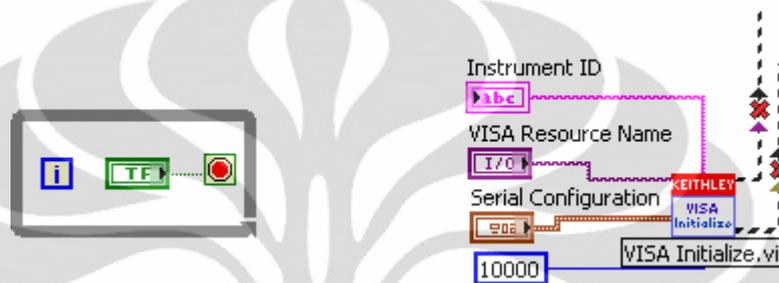
### 3.5 Program LabView

Untuk merealisasikan dari diagram alir pengukuran dibuatlah program menggunakan software LabVIEW dengan perintah-perintah yang dikenal oleh alat dan pengolahannya memanfaatkan fasilitas dari LabView. Berikut program LabView yang telah dibuat.



Gambar 3.7. Program LabView yang dibuat

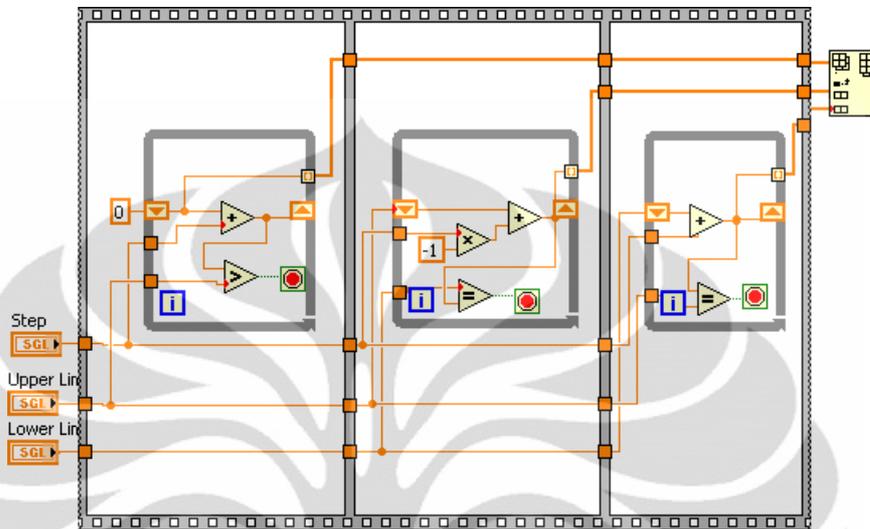
Pemrograman akuisisi data pada PC menggunakan LabVIEW 8.5. Sebuah bahasa pemrograman keluaran National Instrument yang berbasis pada visual. Gambar 3.10 menunjukkan diagram alur dari kerja piranti lunak akuisisi data yang dibangun dengan LabVIEW 8.5. Pemrograman LabView ini dibangun didalam satu looping utama yang mencakup keseluruhan proses kerja. Didalam looping besar utama tersebut dibangun urutan kerja sesuai kebutuhan perancangan sistem.



Gambar 3.8. Blok diagram konfigurasi serial

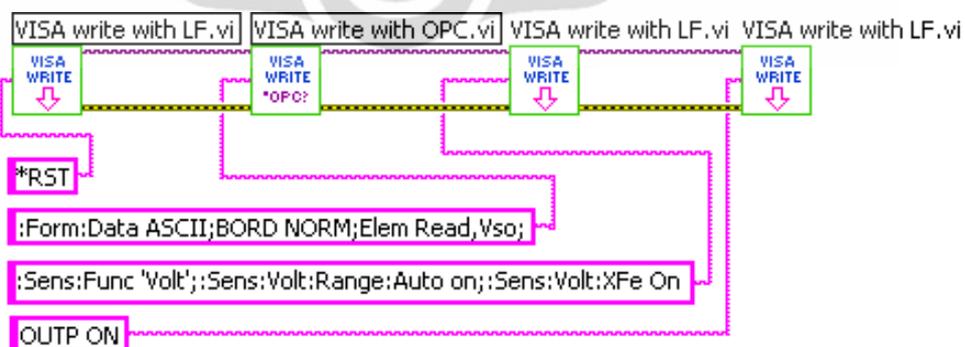
Pertama-tama dibangun urutan langkah kerja yang berurutan dengan menggunakan struktur sequensial. Didalam urutan pertama struktur sequensial dibangun inisialisasi Visa serial dimana inisialisasi ini menentukan konfigurasi tentang parameter *baudrate*, kanal COM, panjang data dalam satuan bit, paritas, dan bit stop. Pada urutan pertama ini juga menginisialisasikan banyak data yang disampling per satuan waktu. Urutan kedua yang tersusun adalah membangun sebuah looping berbasis waktu yang dikenal dengan nama *timed Loop*. Tujuan menggunakan looping berbasis waktu ini adalah tidak lain untuk mengatur waktu sampling yang digunakan. Didalam urutan kedua ini dikerjakannya inti dari program yang dibangun. Program yang dibangun pada urutan ini bertugas membaca dan mengirimkan dari dan keluar PC melalui visa serial. Pada bagian ini juga dibangun program untuk memberikan perintah kepada elektrometer untuk mengirim data melalui komunikasi serial. Pada blok diagram di atas adalah program yang sudah ada tersedia pada elektrometer. Perintah **Instrument ID** menyatakan nama identitas instrument yang digunakan ketika dijalankan maka akan tampilan nama keithley 6517A. Perintah **VISA Resource Name** menyatakan nama VISA yang dipakai, pilih sesuai COM yang digunakan dengan serial usb

yang terpasang pada komputer. Perintah  menyatakan konfigurasi serial.



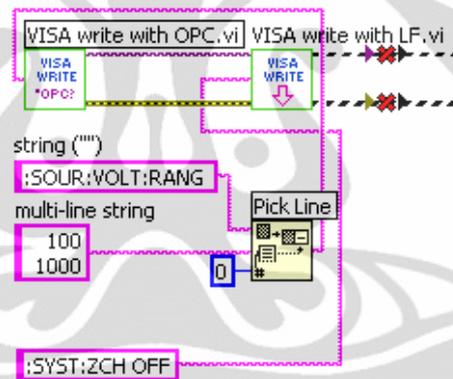
Gambar 3.9. Blok diagram pembangkit data penghasil tegangan

Untuk menghasilkan kurva histerisis yang baik, maka perlu dilakukan penaikan dan penurunan tegangan yang diberikan pada material. Nilai tegangan minimum dan maksimum serta step tegangan yang diinginkan dimasukkan ke dalam program melalui front panel program. Pada program yang dibuat dilakukan kenaikan tegangan, lalu penurunan tegangan dan terakhir melakukan kenaikan tegangan.



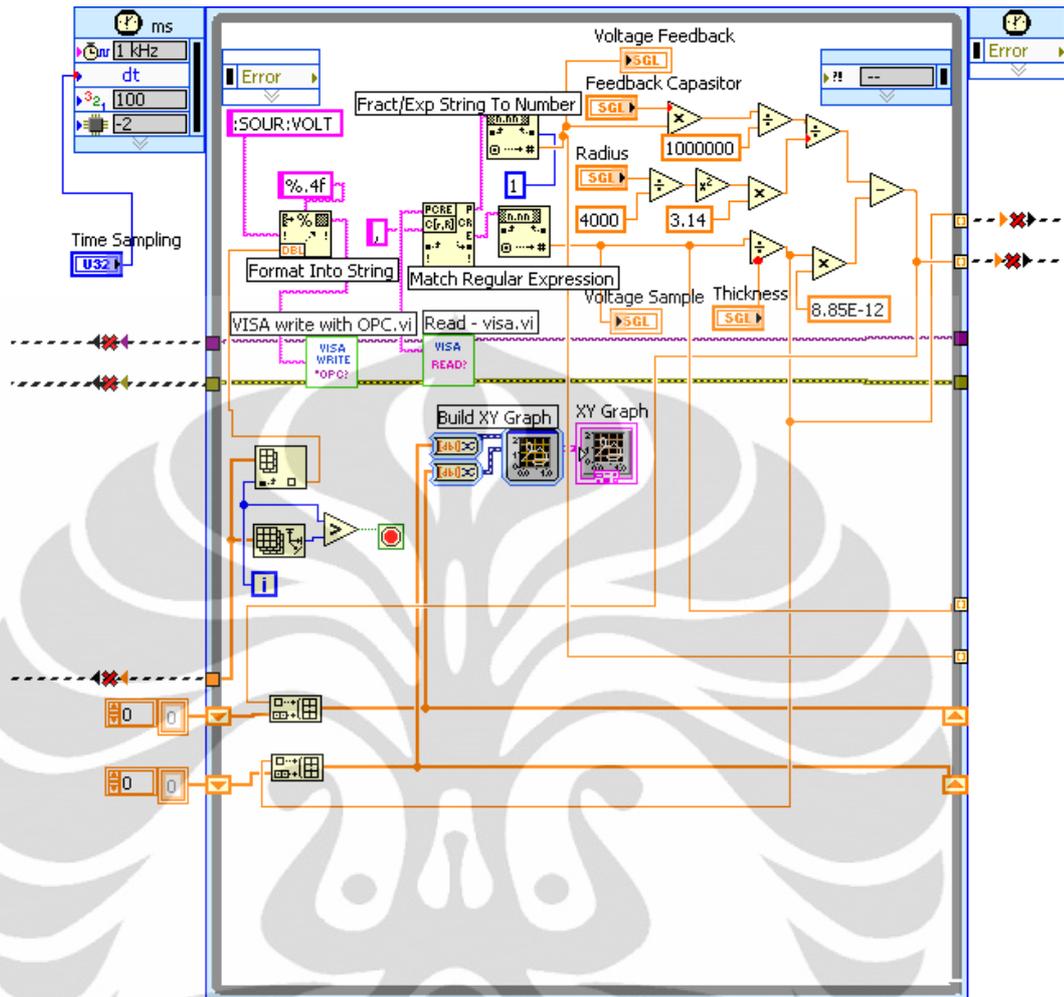
Gambar 3.10. Blok diagram inialisasi dengan keithley

Blok diagram di atas setelah terjadi inisialisasi alat perintah selanjutnya adalah mereset alat melalui perintah `*RST` dengan *Visa Write* untuk membersihkan isi flag di berbagai status register alat supaya dalam kondisi normal. Setelah itu di buat adanya perintah `*OPC` dengan tambahan perintah `:Form:Data ASCII;BORD NORM;Elem Read,Vso;` yang menyatakan status register standar dari alat bahwa alat sudah siap menerima pengukuran dengan format data ASCII bentuk normal byte dan pembacaan dalam data string dengan mencantumkan dari sumber tegangan yang dikeluarkan oleh alat. Perintah `:Sens:Func 'Volt';:Sens:Volt:Range:Auto on;:Sens:Volt:XFe On` dengan *Visa Write* menyatakan pengukuran tegangan dengan pengukuran maksimum 200volt dan mengaktifkan tegangan feedback. Perintah `OUTP ON` dengan *Visa Write* menyatakan mengaktifkan sumber tegangan.



Gambar 3.11. Blok diagram pengaktifan sumber tegangan

Perintah `:SOUR:VOLT:RANG 1000` dengan `*OPC` menyatakan sumber tegangan yang di gunakan hingga 1000volt. Perintah `:SYST:ZCH OFF` menyatakan system zero cek dimatikan.



Gambar 3.12. Blok diagram perhitungan

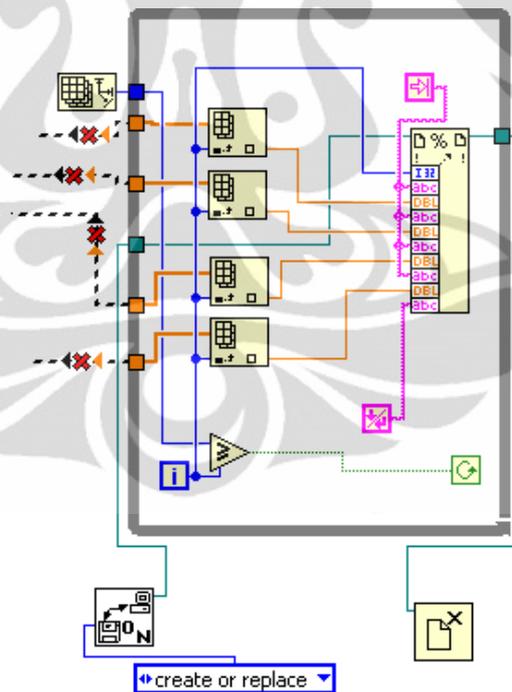
Pada blok diagram di atas proses perhitungan pembacaan polarisasi dengan medan listrik. Untuk cycle time dapat di tentukan sendiri. Upper dan lower limit ini menyatakan batas sumber tegangan yang diberikan, upper limit dan lower limit telah mencapai pada nilai yang diberikan maka akan berhenti. Upper dan lower limit akan berkurang pada step yang di tentukan. Data yang akan terbaca berupa tegangan sample dan tegangan feedback. Nilai tegangan ini digunakan untuk pengukuran polarisasi dengan menggunakan persamaan 2.15. Setelah mengirimkan perintah ke elektrometer maka urutan ini bertugas untuk menampilkan data secara grafik. Urutan ini terus bekerja berulang-ulang sampai satu kondisi yang dijadikan kontrol looping memberikan informasi untuk berhenti bekerja.

Nilai medan listrik akan tersimpan pada  kemudian di konversi melalui  maka akan terbentuk sebagai sumbu x dan nilai polarisasi pada sumbu x. Sumbu x dan y dapat di tampilkan melalu perintah 



Gambar 3.13. Blok diagram penonaktifan tegangan sumber

Pada blok diagram di atas , `:SYST:ZCH ON` berisi instruksi untuk menonaktifkan operasi pengukuran dan `OUTP OFF` untuk menghentikan sumber tegangan.



Gambar 3.14. Blok diagram penyimpanan data

Setelah pengukuran dicapai, maka proses yg dilakukan adalah proses penyimpanan data dalam format excel.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

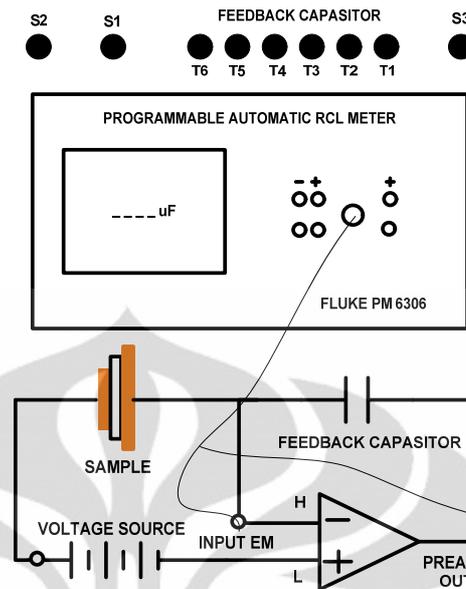
Sebelum melakukan pengukuran hendaknya perlu melakukan pemasangan alat ukur, lalu melakukan pemasukan nilai-nilai yang diperlukan untuk pengukuran melalui front panel pada program labview.

#### **4.1. Pengukuran Kapasitor Eksternal**

Sebelum melakukan pengujian-pengujian dan pengambilan data polarisasi material, terlebih dahulu kita mengetahui nilai kapasitansi kapasitor eksternal yang digunakan. Hasil pengukuran kapasitor eksternal ini digunakan untuk dimasukkan kedalam program LabView yang dibuat.

Dalam pengukuran nilai kapasitor eksternal, digunakan alat RCL meter tipe Fluke PM 6306 yang presisi. Berikut prosedur pemasangan alat ukur dalam pengukuran kapasitor eksternal:

- ✓ Kabel probe dari RCL meter dihubungkan ke Input elektrometer dan Preamp out elektrometer. Prosedur pemasangan alat ukur sesuai dengan gambar 4.1
- ✓ Hidupkan RCL meter, lalu catat nilai kapasitansi ketika tombol tidak ditekan (T0) dan ketika tombol T1, T2 sampai dengan T6 ditekan.
- ✓ Ulangi pengukuran dari awal sampai empat kali pengukuran
- ✓ Catat hasil pengukuran kapasitor eksternal
- ✓ Pakai nilai kapasitansi rata-rata



Gambar 4.1. Pengukuran kapasitor eksternal

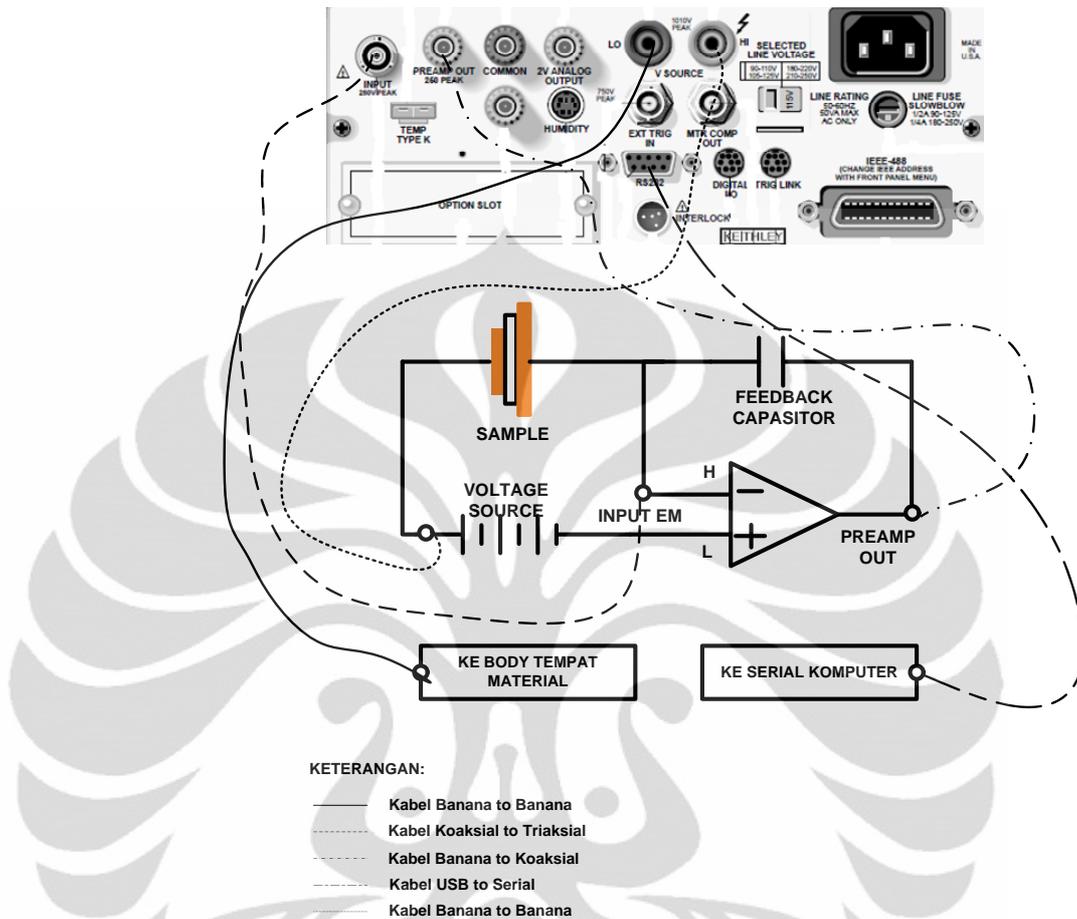
## 4.2. Pengukuran Polarisasi Material

Sebelum melakukan pengujian-pengujian dan pengambilan data polarisasi material terlebih dahulu diketahui prosedur pemasangan alat ukur dan penggunaan program.

### 4.2.1. Prosedur Pemasangan Alat Ukur Polarisasi Material

Dalam pemasangan alat ukur hendaknya melalui prosedur berikut ini:

- ✓ Kabel HI dan LO dari sumber tegangan elektrometer dihubungkan dengan wadah yang ditempati material
- ✓ Laybold jerman (koil magnet) yang sudah diisi dengan material dihubungkan dengan kapasitor eksternal dan kabel koaksial dihubungkan dengan konverter (koaksial ke triaksial) lalu dihubungkan dengan input pengukuran elektrometer.
- ✓ Kabel koaksial dari tempat kapasitor eksternal dengan preamp out di elektrometer dan kabel data serial dihubungkan dari elektrometer ke komputer.
- ✓ Elektrometer dihidupkan, lalu diset untuk komunikasi serial dan komputer dihidupkan lalu program labVIEW dijalankan dan program pengukuran dipanggil.



Gambar 4.2. Prosedur pemasangan alat

#### 4.2.2. Prosedur Penggunaan Program Pengukuran

Berikut prosedur penggunaan program pengukuran:

- ✓ Nilai kapasitor eksternal dipilih sesuai dengan kebutuhan pengukuran
- ✓ Nilai kapasitor eksternal sesuai dengan hasil pengukuran kapasitor
- ✓ Luas material dalam meter persegi dan ketebalan material dalam mm, namun sudah dikonversi menjadi meter dalam program
- ✓ Tegangan awal, kenaikan tegangan dan tegangan akhir pengukuran dimasukkan dalam satuan volt
- ✓ Waktu kenaikan tegangan dalam milidetik (minimum 1 milidetik)
- ✓ Range tegangan sumber dipilih 100 volt
- ✓ VISA *resource name* dipilih sesuai dengan com tempat usb to serial berada
- ✓ Jumlah siklus pengukuran dimasukkan.

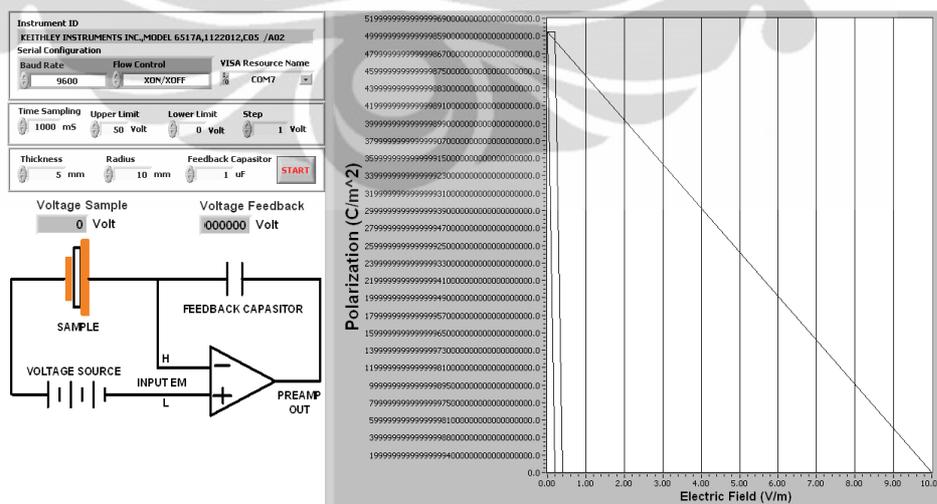
### 4.3. Hasil Pengukuran

Tabel dibawah ini adalah hasil pengukuran kapasitansi dengan menggunakan RCL meter tipe Fluke PM 6306.

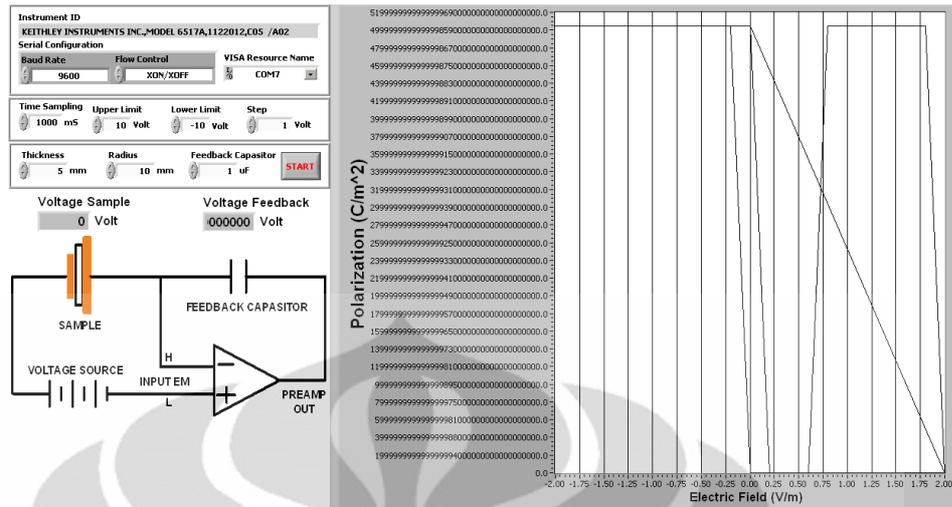
Tabel 4.1. Hasil pengukuran kapasitansi

No	Tombol	Hasil Pengukuran Kapasitansi				Nilai Kapasitansi yang Dipakai ( $\mu\text{F}$ )
		(uF)				
1	T0	0.9998	0.9998	0.9998	0.9999	1
2	T1	5.3666	5.3666	5.3666	5.3672	5.35
3	T2	12.118	12.118	12.118	12.119	12.1
4	T3	21.963	21.963	21.963	21.966	21.95
5	T4	32.051	32.052	32.052	32.055	32.05
6	T5	42.102	42.103	42.104	42.108	42.1
7	T6	52.126	52.127	52.130	52.134	52.1

Gambar dibawah ini adalah hasil pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan rangkaian kapasitor feedback eksternal. Material yang digunakan yaitu  $\text{PbTiO}_3$  dengan ketebalan material sebesar 5 mm, diameter probe sebesar 10 mm.



Gambar 4.3. Hasil pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan menggunakan feedback elektrometer dengan tegangan sumber 0 V s.d 50 V



Gambar 4.4. Hasil pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan menggunakan feedback elektrometer dengan tegangan sumber -10 V s.d 10 V

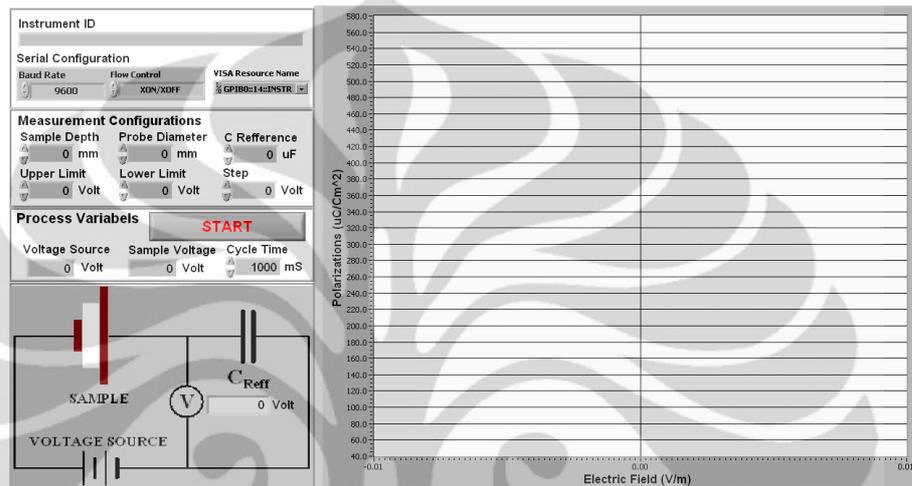
Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan eksternal kapasitor sebesar 1 uF, step kenaikan/penurunan tegangan sumber 1 volt dan waktu kenaikan/penurunan sebesar 1000 milidetik. Pengukuran ini dilakukan dengan memvariasikan pemberian tegangan sumber minimum dan maksimum. Pada gambar 4.3. diberikan tegangan minimum sebesar 0 volt dan tegangan maksimum 50 volt. Pada gambar 4.4. diberikan tegangan minimum sebesar -10 volt dan tegangan maksimum 10 volt.

Pengukuran dengan menggunakan eksternal Feedback kapasitor tidak sesuai dengan polarisasi  $\text{PbTiO}_3$  yang benar seperti gambar 2.4, hal ini disebabkan karena tegangan pada eksternal feedback selalu menunjukkan angka 40V ampai dengan +41 V walaupun tegangan sumber diberikan  $\leq 0$  volt.



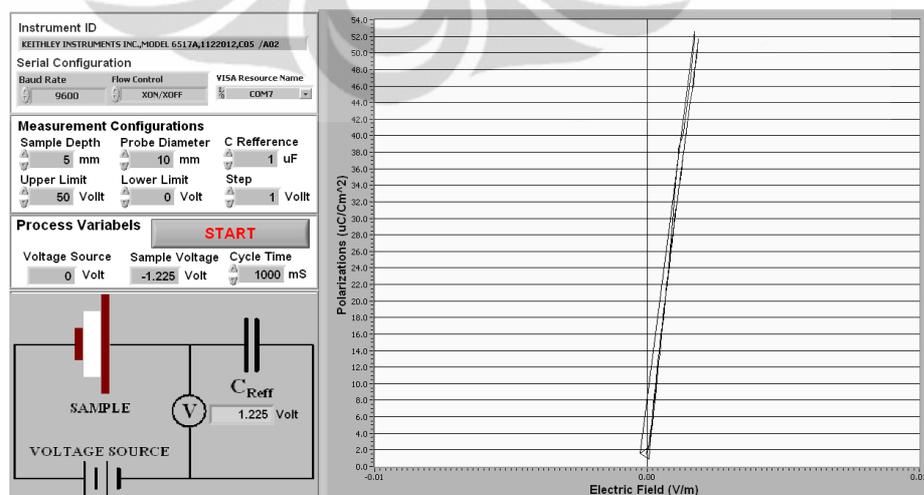
Gambar 4.5. Pembacaan Tegangan Feedback

Karena tegangan feedback yang terukur selalu +40V ampai dengan +41 V yang mengakibatkan perhitungan dan kurva polarisasi tidak benar, maka rangkaian dirubah dengan cara menghubungkan langsung kapasitor feedback eksternal ke input elektrometer, tanpa adanya preamp out. Berikut gambar rangkaian dan labView pada pengukuran dengan voltmeter elektrometer.

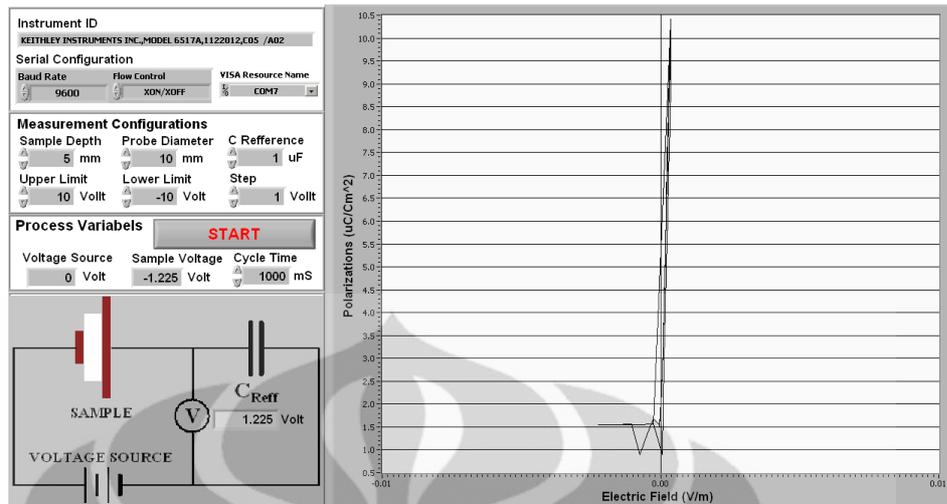


Gambar 4.6. Front Panel labview Pengukuran dengan voltmeter elektrometer

Gambar dibawah ini adalah hasil pengukuran polarisasi vs medan listrik dengan menggunakan voltmeter elektrometer. Material yang digunakan yaitu  $\text{PbTiO}_3$  dengan ketebalan material sebesar 5 mm, diameter probe sebesar 10 mm.



Gambar 4.7. Hasil pengukuran polarisasi vs medan listrik menggunakan voltmeter elektrometer dengan tegangan sumber 0 V s.d 50 V



Gambar 4.8. Hasil pengukuran polarisasi vs medan listrik menggunakan voltmeter elektrometer dengan tegangan sumber -10 V s.d 10 V

Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan eksternal kapasitor sebesar 1 uF, step kenaikan/penurunan tegangan sumber 1 volt dan waktu kenaikan/penurunan sebesar 1000 milidetik. Pengukuran ini dilakukan dengan memvariasikan pemberian tegangan sumber minimum dan maksimum. Pada gambar 4.7. diberikan tegangan minimum sebesar 0 volt dan tegangan maksimum 50 volt. Pada gambar 4.8. diberikan tegangan minimum sebesar -10 volt dan tegangan maksimum 10 volt.

Pengukuran tanpa menggunakan eksternal Feedback kapasitor tidak sesuai dengan polarisasi PbTiO<sub>3</sub> yang benar seperti gambar 2.4, hal ini disebabkan karena input elektrometer ketika membaca tegangan  $<+1.2$  V volt yang terbaca oleh elektrometer sebesar +1.2 V .



Gambar 4.9. Pembacaan tegangan minus pada elektrometer

#### 4.4. Pembahasan

Pada pengukuran histerisis polarisasi material akibat pengaruh medan listrik menggunakan elektrometer Keithley 6517a digunakan persamaan 2.15. Persamaan tersebut dimanipulasi di dalam program LabView. Dalam front panel program LabView kita masukkan nilai diameter probe material, tebal material, nilai kapasitansi dan tegangan sumber.

Pengukuran polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dapat divariasikan dengan panjang diameter probe, tebal material, tegangan sumber dan nilai kapasitansi. Diameter probe material yang dibuat berdiameter 1 cm, 1,5 cm, 2 cm dan 3 cm. Probe dibuat dari bahan kuningan. Tebal material yang bisa diukur dalam alat ini berkisar 0.5 mm sampai 2 cm. Material yang bisa digunakan berbentuk bulk (tablet). Tegangan sumber maksimum yang dapat digunakan sebesar 100 volt, karena kapasitor yang digunakan memiliki kapasitas 400 volt, jadi kita gunakan range tegangan sumber pada elektrometer sebesar 100 volt tidak bisa 1000 volt. Nilai kapasitansi yang digunakan dalam alat ini sebesar 1  $\mu\text{F}$ , 5.35  $\mu\text{F}$ , 12.1  $\mu\text{F}$ , 21.95  $\mu\text{F}$ , 32.05  $\mu\text{F}$ , 42.1  $\mu\text{F}$  dan 52.1  $\mu\text{F}$ .

Dari hasil pengukuran polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dengan menggunakan eksternal feedback elektrometer didapat bahwa tegangan feedback elektrometer hanya berkisar di nilai +40 V sampai 41 V yang mengakibatkan perhitungan dan kurva polarisasi tidak benar.

Dari hasil pengukuran polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dengan menggunakan voltmeter elektrometer menunjukkan bahwa voltmeter elektrometer tidak bisa membaca tegangan minus, ketika tegangannya lebih kecil dari 1.2 V elektrometer membacanya sama, yaitu +1.2 V, sehingga kurva histerisisnya tidak benar. Hal ini mengkondisikan bahwa elektrometer Keithley 6517 a dalam keadaan rusak yang mungkin disebabkan karena tidak adanya penggroundan pada elektrometer, sehingga elektrometer bisa terkena efek elektrostatik seperti petir.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada Bab ini berisikan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

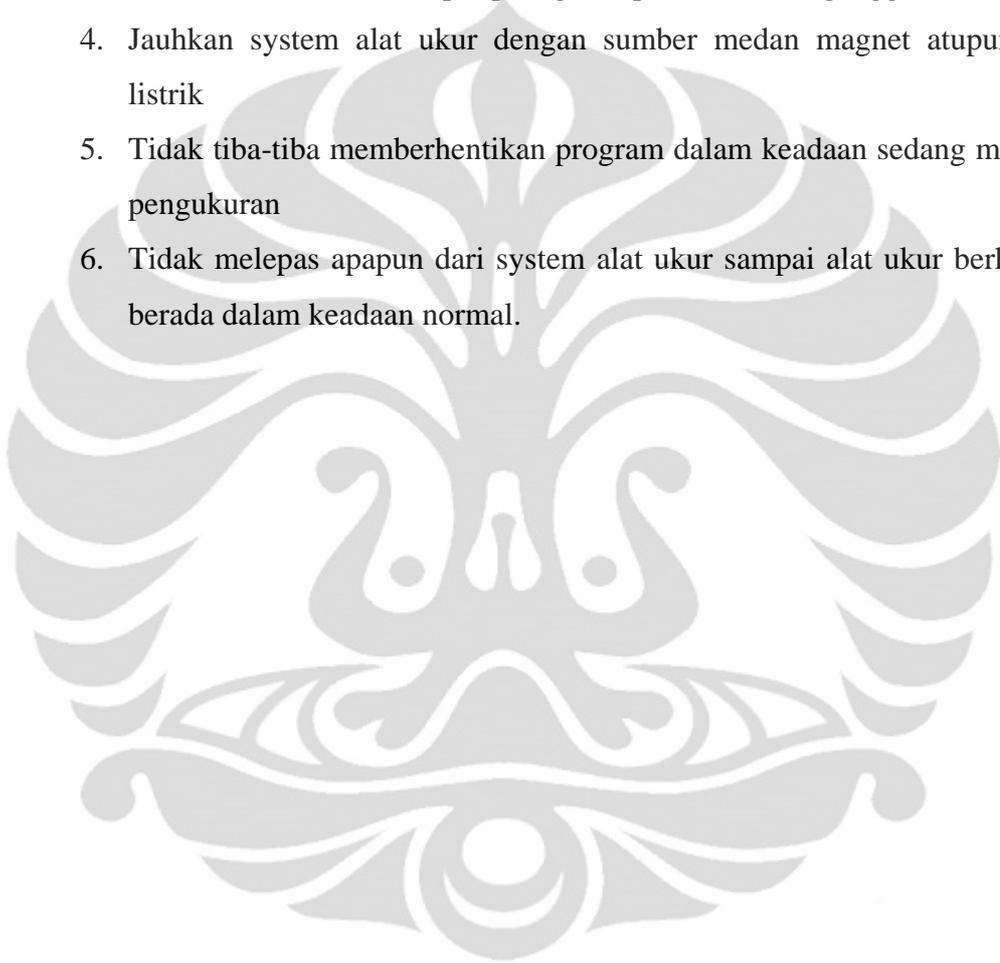
#### **5.1. Kesimpulan**

1. Pengukuran polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dapat divariasikan dengan panjang diameter probe, dengan panjang diameter 1 cm, 1,5 cm, 2 cm dan 3 cm.
2. Pengukuran polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dapat divariasikan dengan tebal material, tebal material yang bisa diukur dalam alat ini berkisar 0.5 mm sampai 2 cm. Material yang bisa digunakan berbentuk bulk (tablet).
3. Pengukuran polarisasi material akibat pengaruh medan listrik dapat divariasikan dengan nilai kapasitansi, nilai kapasitansi yang digunakan dalam alat ini sebesar 1  $\mu\text{F}$ , 5.35  $\mu\text{F}$ , 12.1  $\mu\text{F}$ , 21.95  $\mu\text{F}$ , 32.05  $\mu\text{F}$ , 42.1  $\mu\text{F}$  dan 52.1  $\mu\text{F}$ .
4. Dengan menggunakan Eksternal Feedback Elektrometer, hasil yang didapatkan dari pengukuran yang dilakukan tidak menunjukkan hasil kurva histerisis polarisasi versus medan listrik yang baik karena pada tegangan pada eksternal feedback selalu menunjukkan angka +40 V sampai +41 V walaupun tegangan sumber diberikan  $\leq 0$  volt
5. Dengan menggunakan voltmeter Elektrometer, hasil yang didapatkan dari pengukuran yang dilakukan tidak menunjukkan hasil kurva histerisis polarisasi versus medan listrik yang baik karena elektrometer ketika membaca tegangan  $< +1.2$  volt yang terbaca oleh elektrometer sebesar +1.2 V

## 5.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pengukuran polarisasi, maka untuk pemakai disarankan untuk melakukan hal-hal berikut ini:

1. Dalam pengukuran pastikan material dalam keadaan bersih
2. Penjepit material dan alat-alat lainnya dalam keadaan baik
3. Pastikan material tertutup rapat agar dapat mereduksi gangguan
4. Jauhkan system alat ukur dengan sumber medan magnet ataupun medan listrik
5. Tidak tiba-tiba memberhentikan program dalam keadaan sedang melakukan pengukuran
6. Tidak melepas apapun dari system alat ukur sampai alat ukur berhenti dan berada dalam keadaan normal.

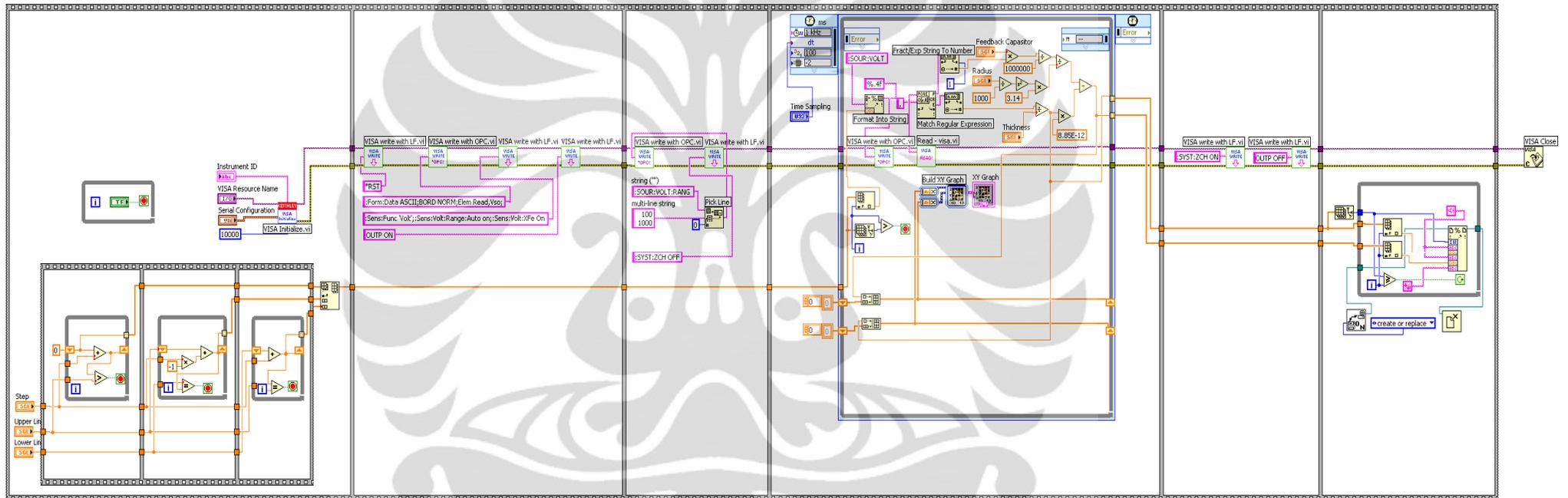


## DAFTAR ACUAN

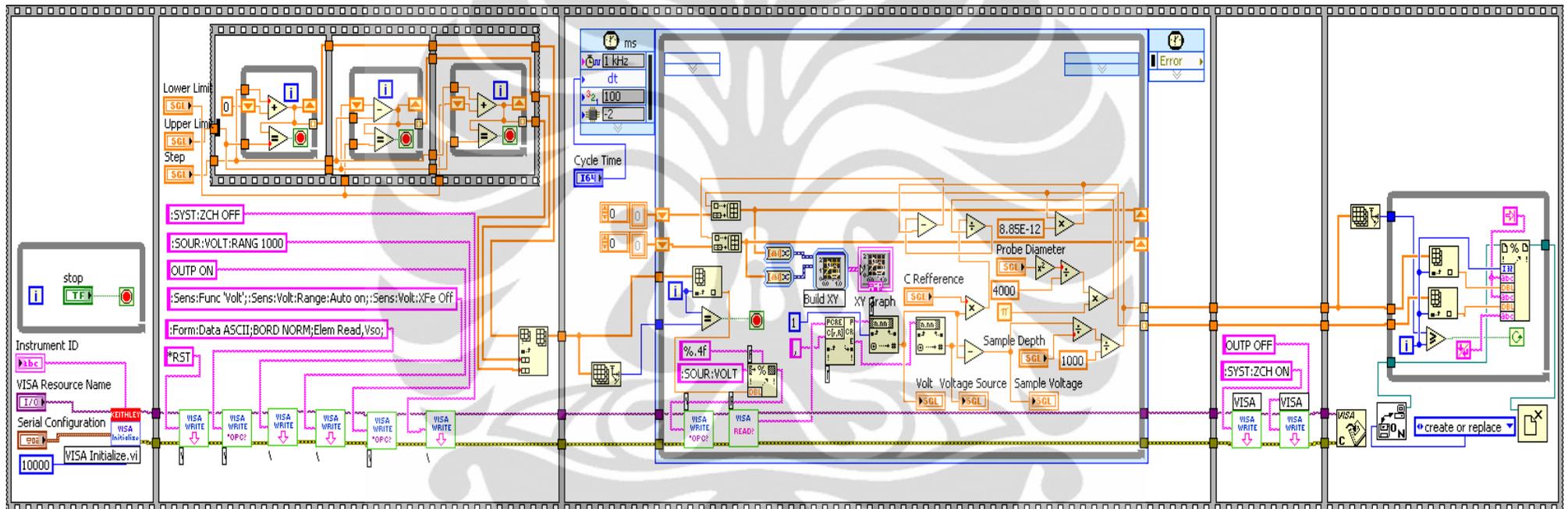
- [1] Giancoli, Douglas C. *FISIKA, edisi kelima, jidil 2*. Jakarta: Erlangga, 2001
- [2] Oerlee. “Medan Listrik”. <http://oerleebook.files.wordpress.com/2009/10/medan-listrik.pdf>. (10 Okt 2011, pukul 13.30 WIB)
- [3] Sudirham, Sudaryatno, Ning Utari. *Mengenal Sifat-Sifat Material (1)*. Bandung: Darpublic, 2010
- [4] Mudzakir, isom. *Instrumentasi Ukur QV untuk Mengetahui Polarisasi (Pm, Pr, Ps) dan Medan Koersif (Ec) BST Menggunakan Elektrometer Keithley 6517A*. Depok:Departemen Fisika FMIPA UI, 2008
- [5] Saragi, Togar. *Momen Dipol Magnet dan Hysteresis Loop*. Bandung: UNPAD, 2010
- [6] Li, Jianhua. *ENGINEERING OF SELF-ASSEMBLED MULTIFERROIC NANOSTRUCTURES IN PbTiO<sub>3</sub>-CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> THIN FILMS*. College Park: University of Maryland, 2006
- [7] Furusato. “Fisika Dasar”. [http://125.160.17.21:5432/furusato/files/tpb/Fisika%20Dasar/fisika\\_dasar.pdf](http://125.160.17.21:5432/furusato/files/tpb/Fisika%20Dasar/fisika_dasar.pdf) (10 Okt. 2011, pukul 10.35 WIB)
- [8] Mohtar. *Kapasitor Dielektrik*. Solo: Universitas Negeri Sebelasmaret, 2008
- [9] Keithley. *Model 6517A Electrometer user's Manual*. Ohio: Keithley Instrument.inc, 2003
- [10] Prasetia, Erna dan Catur Edi Widodo. *Intrerfacing Port Paralel dan Port Serial Komputer dengan Visual Basic 6.0*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2000.
- [11] <http://elib.unikom.ac.id/download.php?id=59756>. Tanggal update: 9 April 2011
- [12] Keithley. *Model 6517A Electrometer/High Resistance Meter Getting Started Manual*. Ohio: Keithley Instrument.inc, 2000



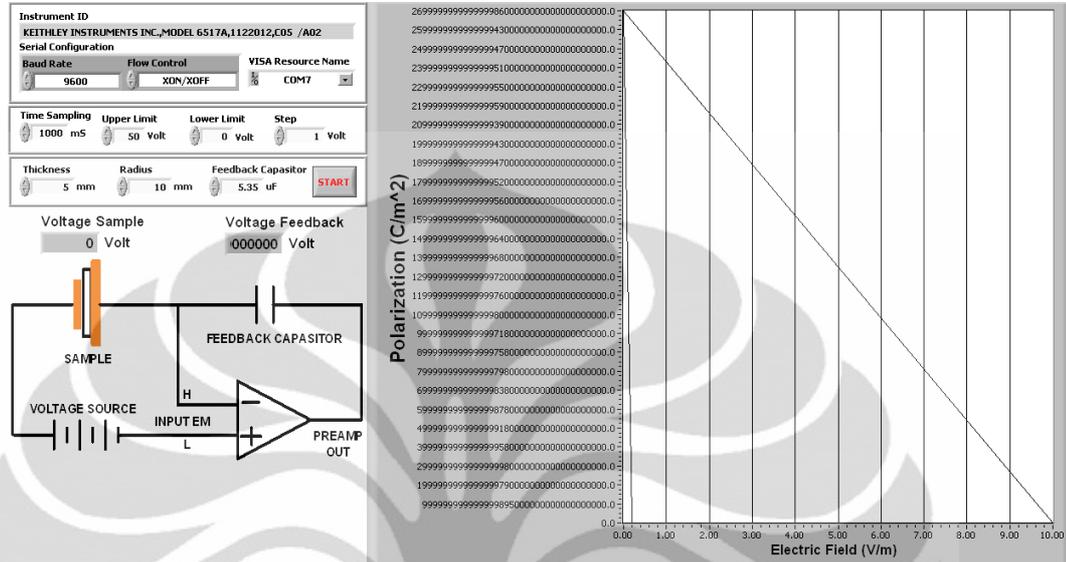
Lampiran 1. Blok diagram program lab view dengan feedback elektrometer



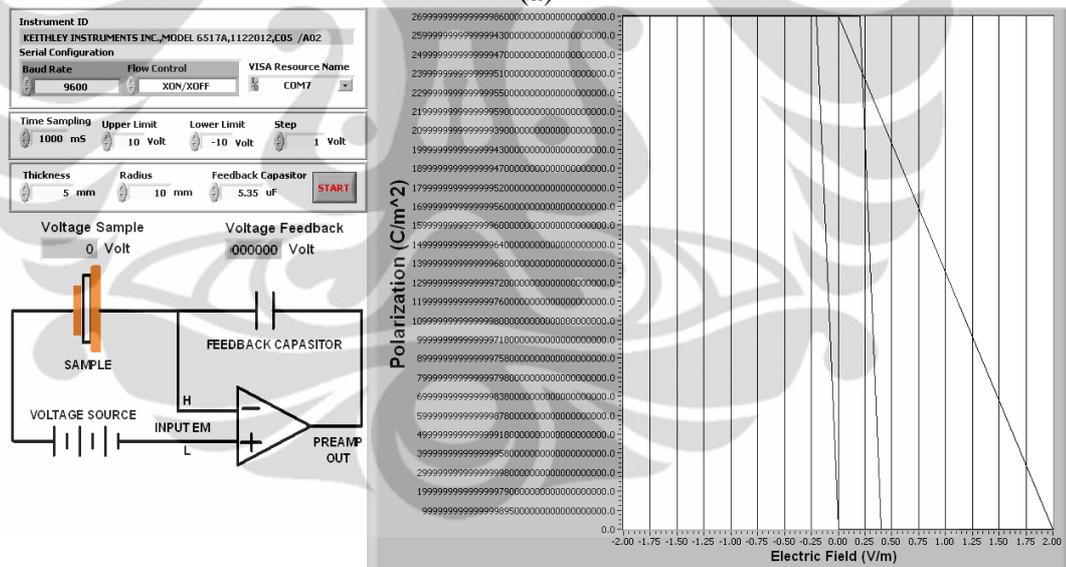
Lampiran 2. Blok diagram program lab view dengan voltmeter elektrometer (tanpa feedback)



Lampiran 3. Data hasil pengukuran polarisasi dengan menggunakan feedback elektrometer



(a)

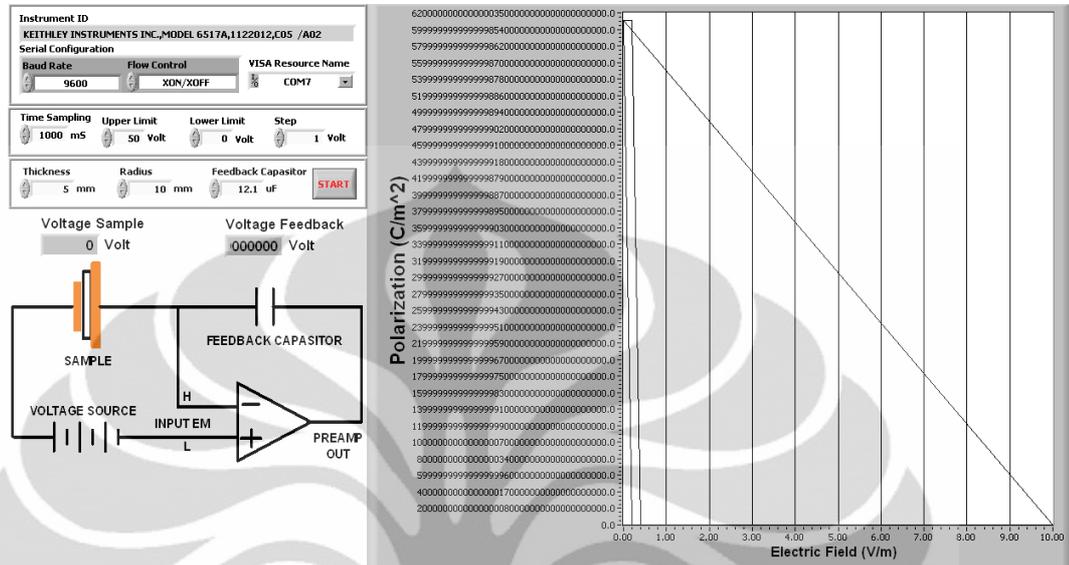


(b)

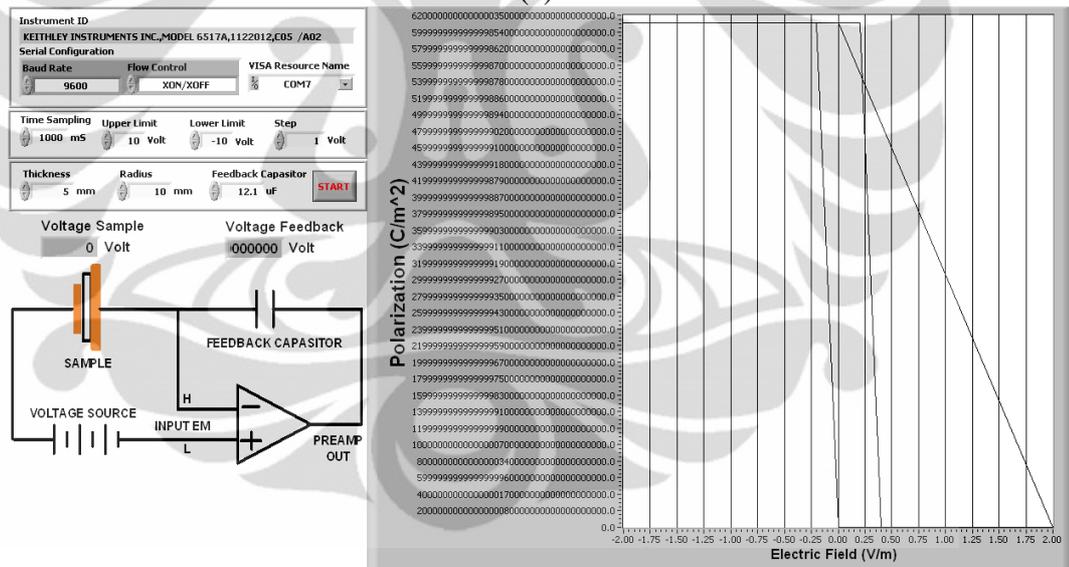
Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 5.35uF.

(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

(lanjutan)



(a)



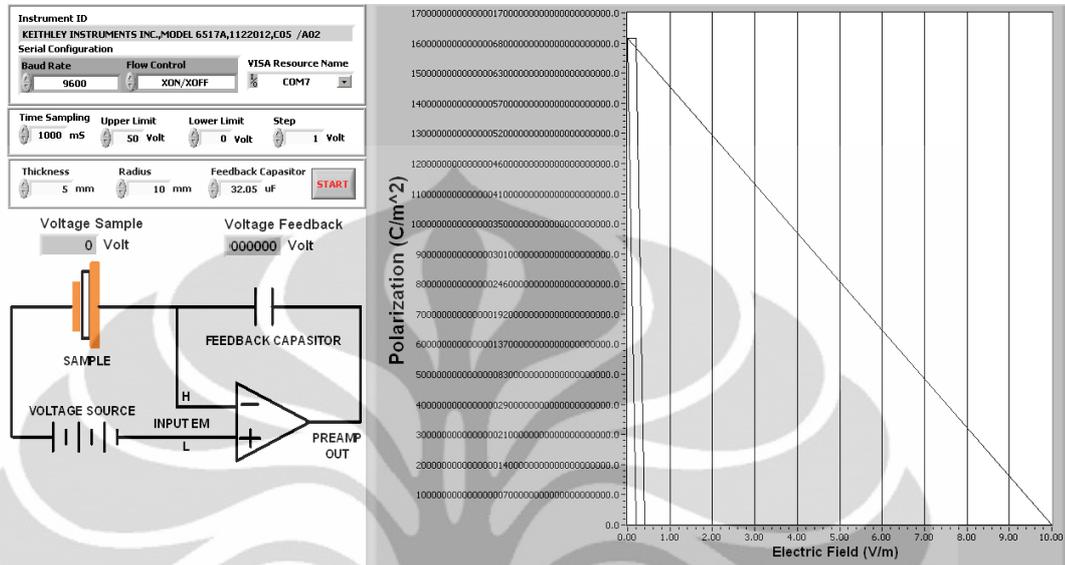
(b)

Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 12.1uF.

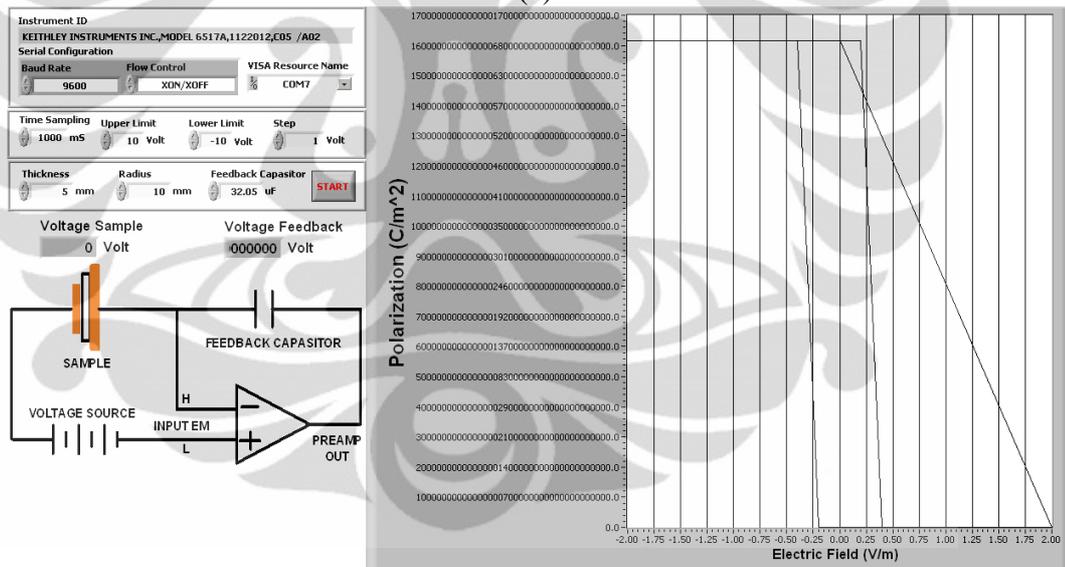
(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10



(lanjutan)



(a)



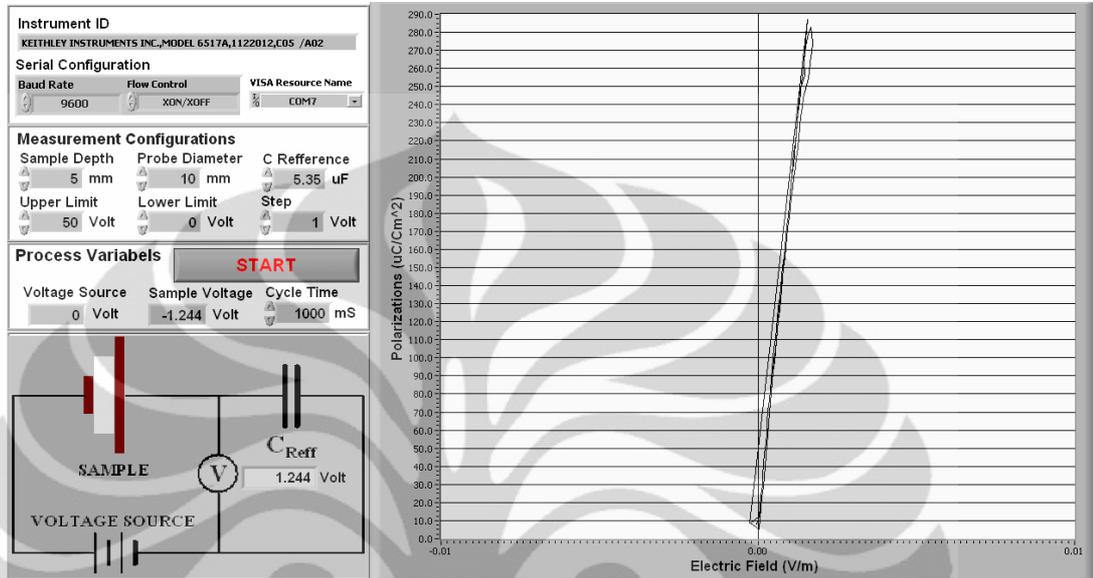
(b)

Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 32.05uF.  
 (a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

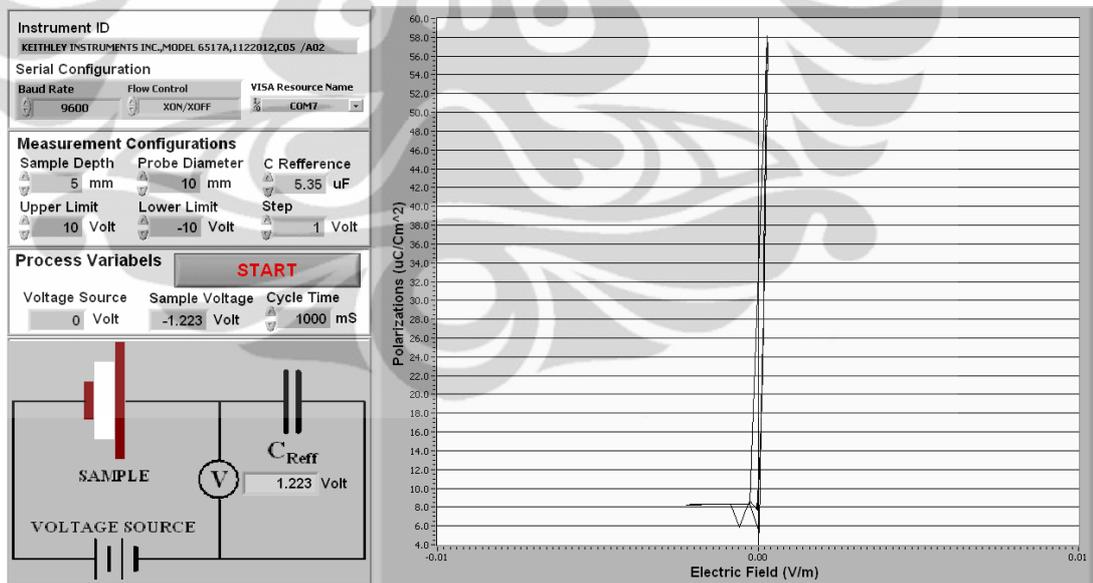




Lampiran 4. Data hasil pengukuran polarisasi dengan menggunakan voltmeter elektrometer



(a)

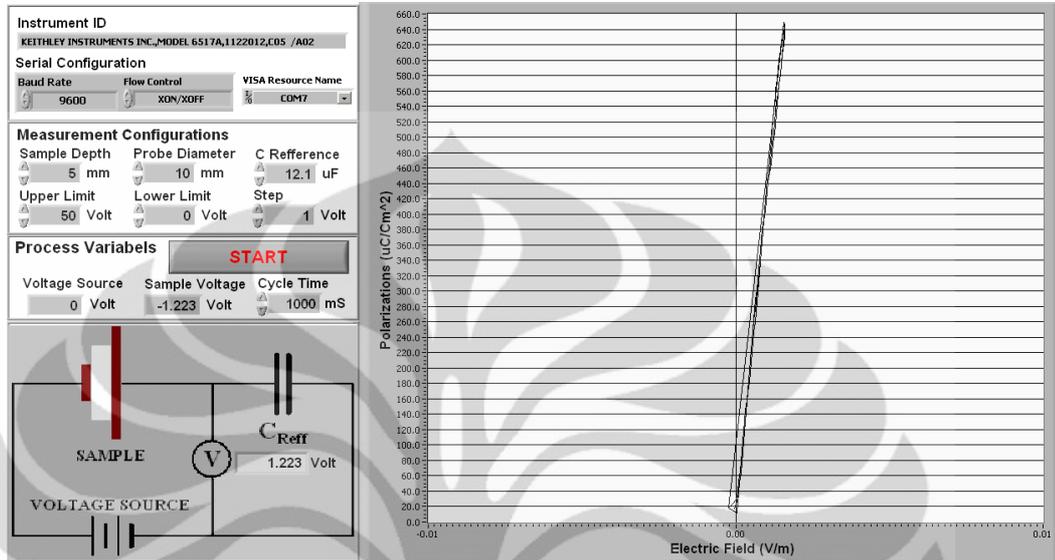


(b)

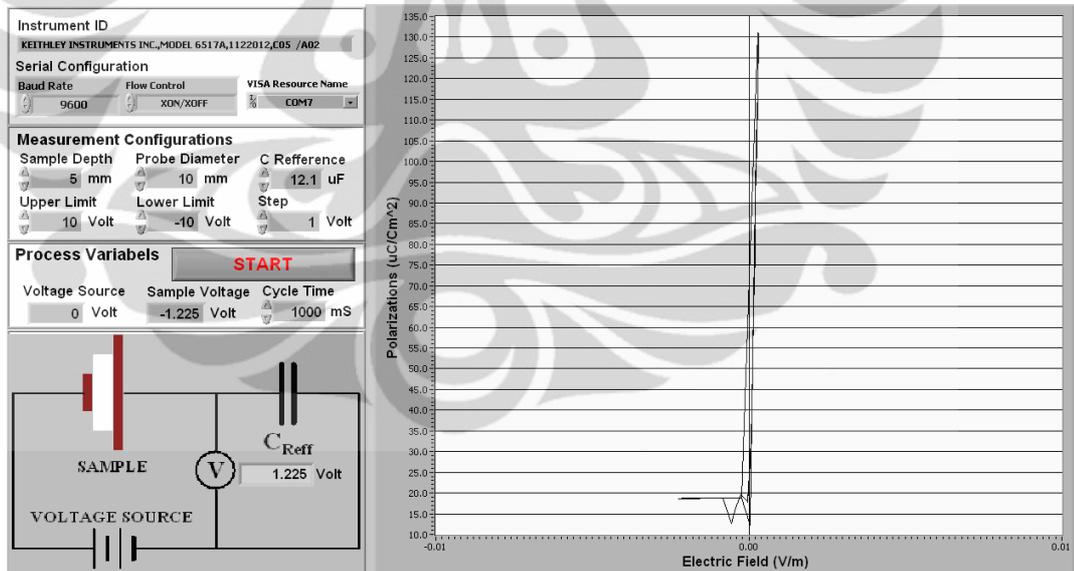
Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 5.35 $\mu\text{F}$ .

(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

(lanjutan)



(a)

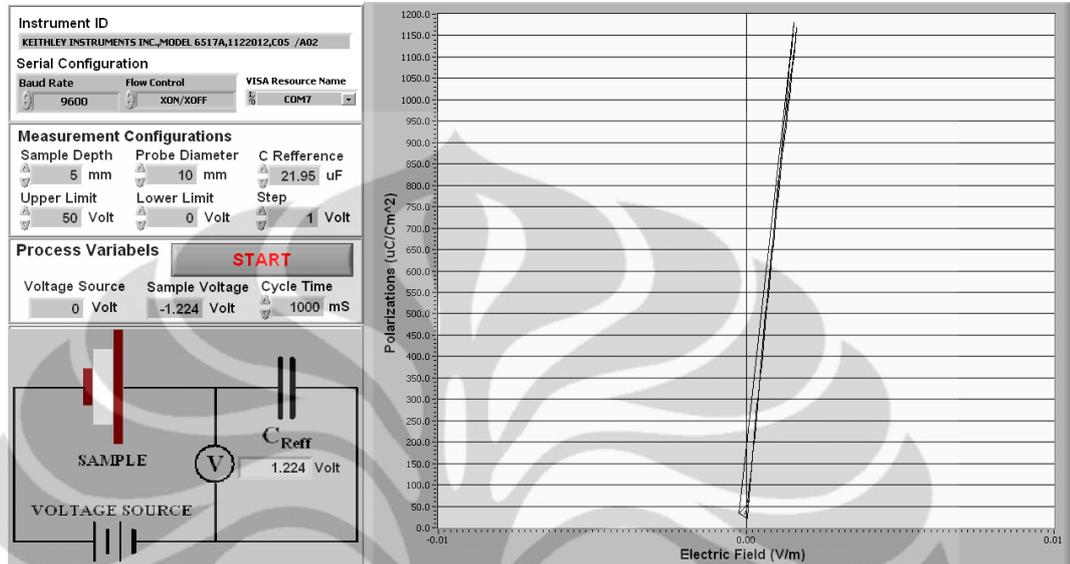


(b)

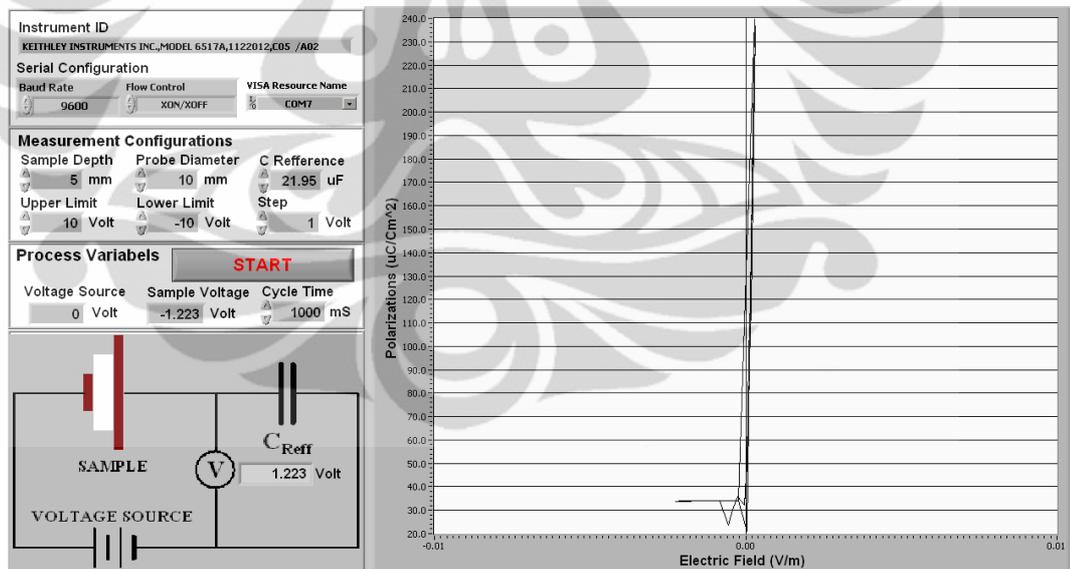
Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 12.1uF.

(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

(lanjutan)



(a)

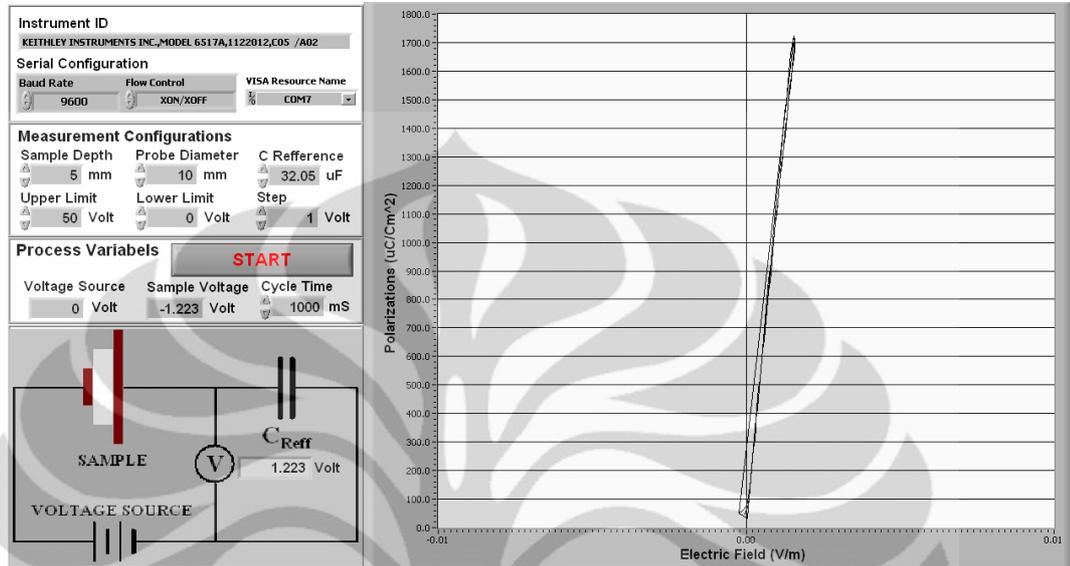


(b)

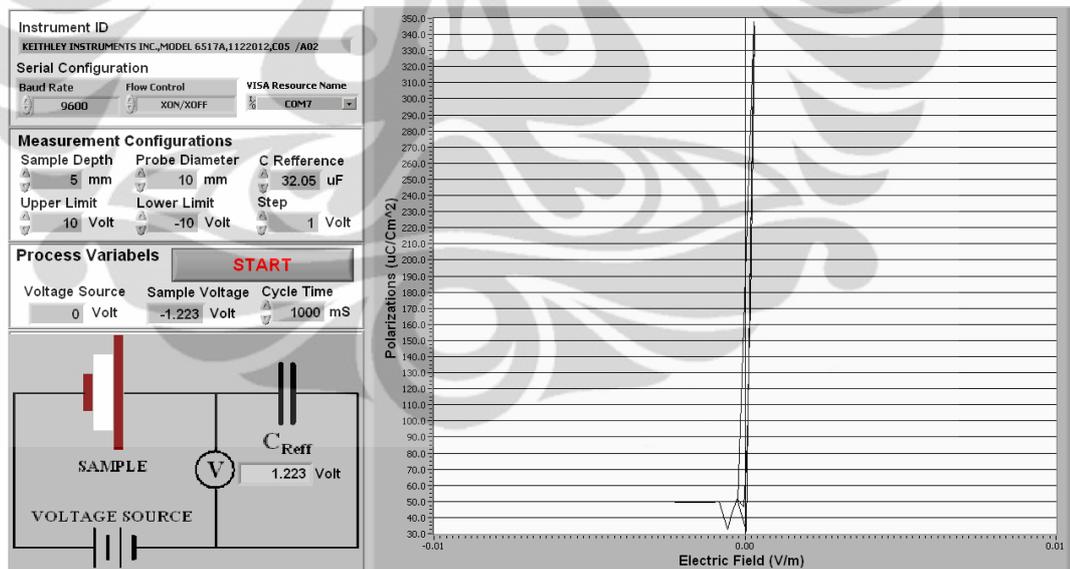
Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 21.95uF.

(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

(lanjutan)



(a)

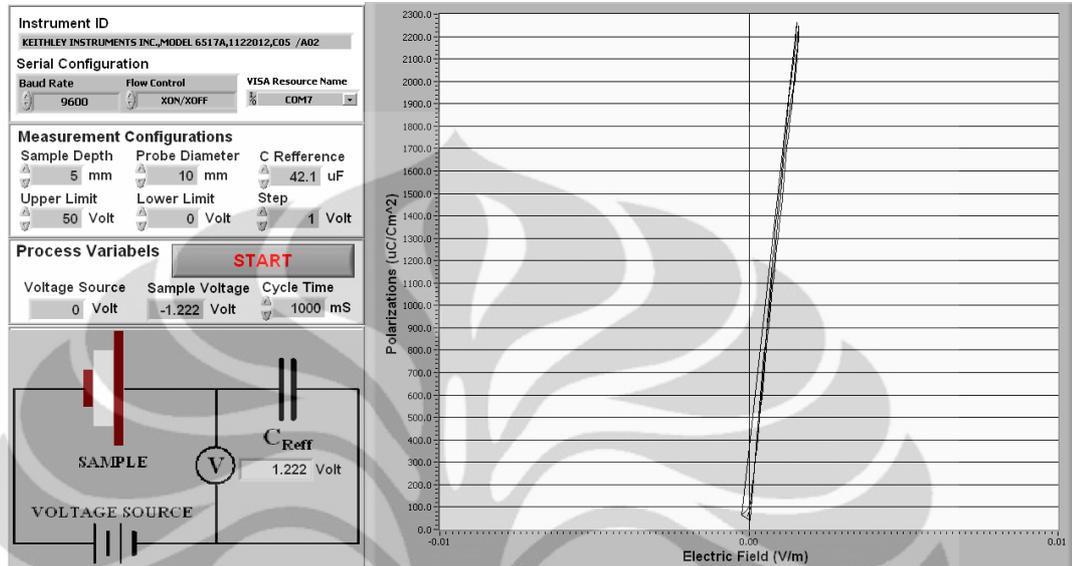


(b)

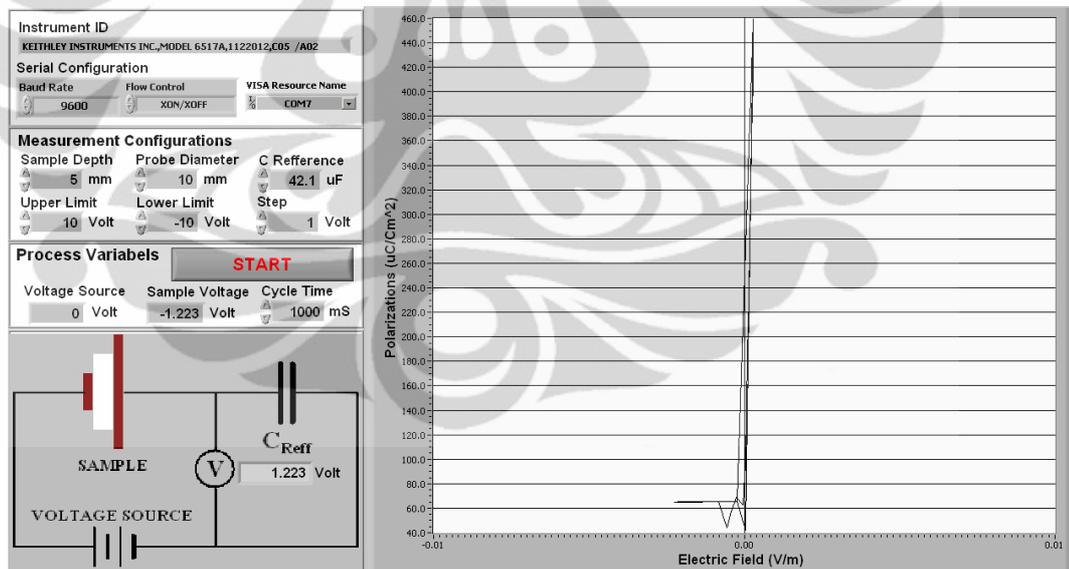
Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 32.05uF.

(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

(lanjutan)



(a)

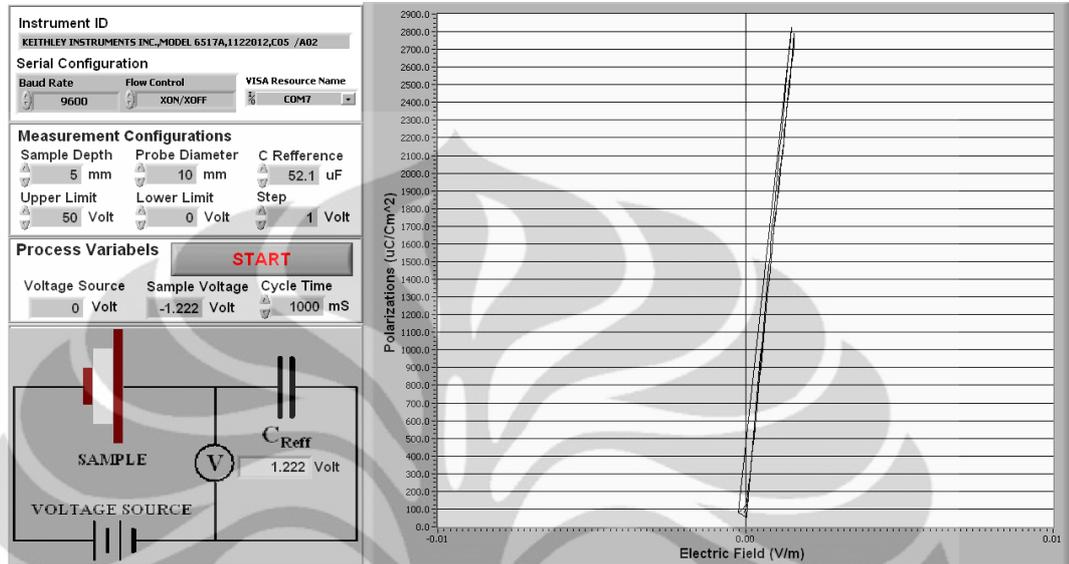


(b)

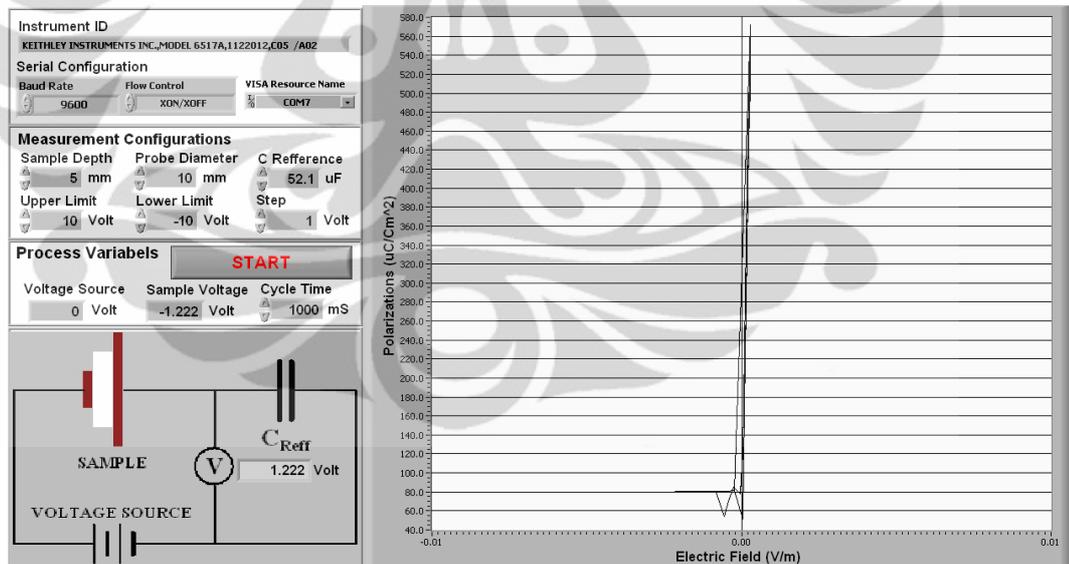
Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 42.1uF.

(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

(lanjutan)



(a)

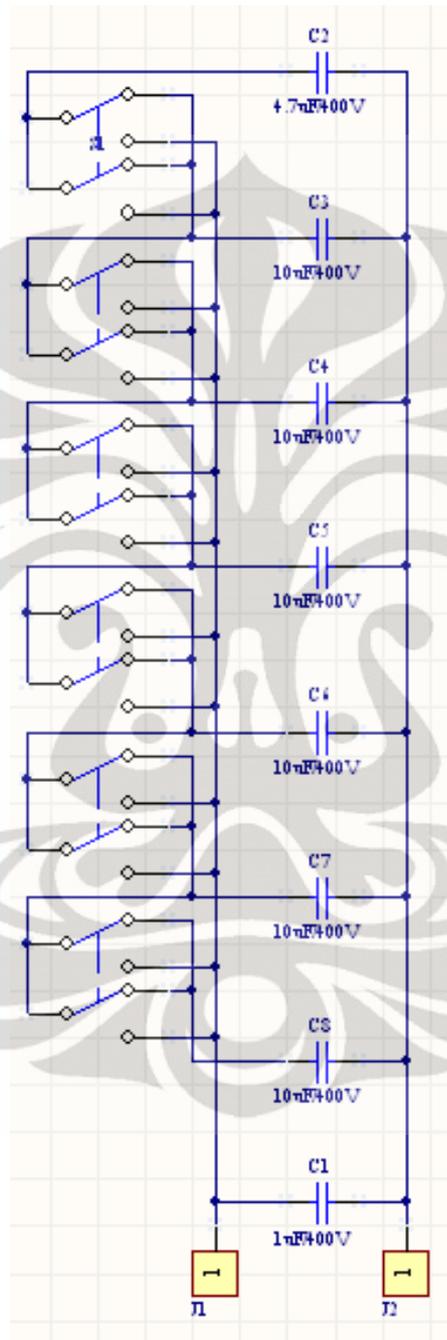


(b)

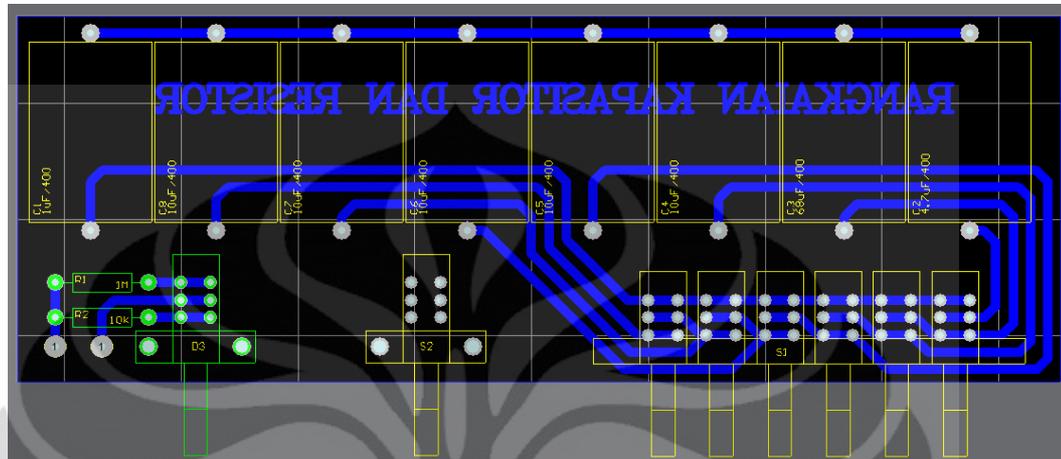
Gambar Hasil Pengukuran polarisasi vs medan magnet dengan kapasitor 52.1uF.

(a) Tegangan 0 s.d 50 (b) Tegangan -10s.d 10

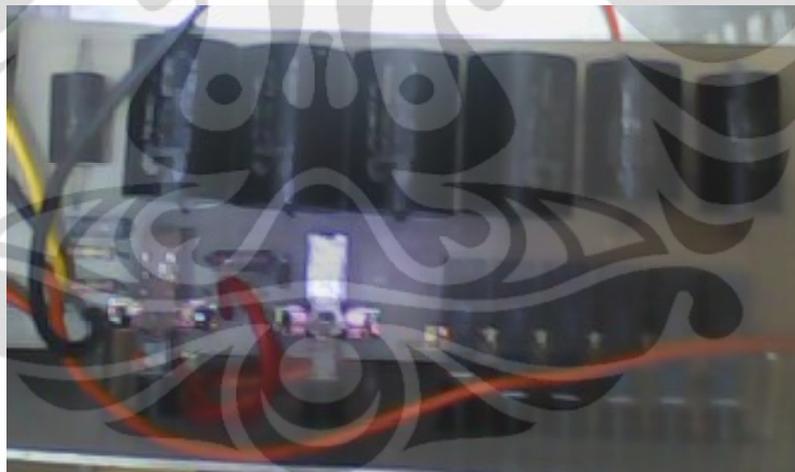
Lampiran 5. Skematik rangkaian kapasitor



Lampiran 6. Pcb rangkaian kapasitor eksternal



Lampiran 7. Foto kapasitor eksternal



Lampiran 8. Foto tempat material



Lampiran 9. Foto probe material



Lampiran 10. Foto alat

