



**SISTEM TOMOGRAFI DALAM PENGUKURAN
PENGARUH PERUBAHAN DIELEKTRIK
TERHADAP MUATAN INDUKSI
PADA KAPASITOR KEPING SEJAJAR**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Program
Pendidikan Sarjana Strata Satu pada Program Studi Pendidikan Fisika
Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember



	Daftar Isi :	Hadiah	Kelas
		Pembelian	621.31
	Termin I :		FIT
Oleh :	No induk :		S
	Pengkatalog :	YAN,	01

LIZA FITRIA M.
NIM. 000210102156

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER
2005**

MOTTO

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

" Dan katakanlah, 'Tuhanku tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan'

(Q. s. Thaha : 114)



PERSEMBAHAN

Dengan segenap cinta yang teriring dalam rasa terima kasih kubingkiskan skripsi ini untuk orang-orang terkasih. Skripsi ini kupersembahkan kepada :

1. Ibu dan Ayah tercinta yang senantiasa mengiringi langkahku mengais ilmu dengan curahan cinta, kasih sayang dan untaian doa.
2. Kakak-kakaku yang telah membenkan semangat dan dukungan.
3. Lembaga Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan.
4. Almamaterku yang kubanggakan, Universitas Jember.*



HALAMAN PENGANTAR

**PENGARUH PERUBAHAN DIELEKTRIK TERHADAP MUATAN
INDUKSI DENGAN SISTEM TOMOGRAFI PADA KAPASITOR KEPING
SEJAJAR**

Diajukan Untuk Dipertahankan Di Depan Tim Penguji Sebagai Salah Satu Syarat
Menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Strata Satu Pada Program Studi
Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Oleh :

Nama Mahasiswa	: Liza Fitria M
Nim	: 000210102155
Tahun Angkatan	: 2000
Tempat / Tgl. Lahir	: Jember / 24 Agustus 1981

Disetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II


Drs. Sri Handono SP, M. Si
NIP. 131 476 895


Drs. Bambang Supriadi, M. Sc
NIP. 132 046 351

PENGESAHAN

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada :

Hari : Rabu
Tanggal : 29 Juni 2005
Tempat : Gedung III Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua

Dr. Sutarto, M. Pd
NIP. 131 475 900

Sekretaris

Drs. Bambang Supriadi, M. Sc
NIP. 132 046 351

Anggota

1. Drs. Sri Handono BP, M. Si
NIP. 131 476 895
2. Drs. Tripsilo Prihancono, M. Si
NIP. 131 660 790

Tanda Tangan

Mengetahui,

Dekan FKIP



Dr. Primam Muchtar S.H., M. Hum
NIP. 130 810 936

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Sistem Tomografi Dalam Pengukuran Pengaruh Perubahan Dielektrik Terhadap Muatan Induksi Pada Kapasitor Keping Sejajar" tanpa halangan yang berarti.

Skripsi ini disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Strata Satu pada Program Pendidikan Fisika Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Oleh sebab itu, tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Rektor Universitas Jember;
2. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Jurusan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Ketua Program Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
5. Drs. Sri Handono BP, M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan Drs. Bambang Supriadi, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan pengarahan dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
6. Rekan-rekanku seperjuangan Fisika angkatan 2000;
7. Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan saran serta masukan bagi terselesaikannya skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya.

Jember, Mei 2005

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
MOTTO.....	i
PERSEMBAHAN.....	iii
PENGAJUAN.....	iv
PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
ABSTRAK.....	xiv
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Definisi Operasional Variabel.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kapasitor.....	5
2.1.1 Kapasitansi Kapasitor Tanpa Dielektrik.....	5
2.1.2 Kapasitansi Kapasitor Dengan Dielektrik.....	8
2.1.3 Energi Pada Kapasitor.....	10
2.2 Dielektrik.....	11
2.2.1 Teori Kemolekulan Muatan Terinduksi Pada Dielektrik.....	11
2.2.2 Efek Dielektrik.....	13
2.2.3 Permittivitas Listrik.....	13

2.3 Sistem Tomografi.....	16
2.3.1 Rangkaian RC.....	16
2.3.2 Penguat Operasional.....	19
2.3.3 Sistem Tomografi Pada Kapasitor Keping Sejajar.....	20
2.4 Hipotesis.....	22
III. METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.2 Prosedur Penelitian.....	23
3.3 Alat dan Bahan.....	24
3.3.1 Alat Penelitian.....	24
3.3.2 Bahan Penelitian.....	24
3.4 Metode Perolehan data.....	24
3.4.1 Desain Alat Penelitian.....	24
3.4.2 Langkah-langkah Eksperimen.....	26
3.5 Data Eksperimen.....	29
3.6 Analisa Data.....	30
3.6.1 Analisis Uji Kesamaan Dua Rata-rata.....	30
3.6.2 Analisis Regresi Linier.....	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil.....	34
4.1.1 Data Pengukuran Dimensi Pelat Kapasitor dan Jarak Antar Pelat Kapasitor.....	34
4.1.2 Data Hasil Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Udara.....	35
4.1.3 Data Hasil Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Kertas, Kuarsa, Benzene dan Belerang.....	35
4.2 Analisa Data.....	38
4.2.1 Analisis Uji Kesamaan Dua Rata-rata.....	38
4.2.2 Persamaan Regresi Linier.....	39
4.2.3 Sidik Ragam Regresi.....	41
4.3 Pembahasan.....	43

V. KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Contoh Tabel Koefisien Dielektrik (K_0)	15
Tabel 3.1 : Contoh Tabel Pengamatan Diameter Pelat Kapasitor dan Jarak antar Pelat.....	26
Tabel 3.2 : Contoh Tabel Pengukuran Koefisien Dielektrik.....	27
Tabel 3.3 : Contoh Tabel Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Udara	29
Tabel 3.4 : Contoh Tabel Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Kertas, Kuarsa, Benzena dan belerang.....	29
Tabel 3.5 : Tabel Sidik Ragam Regresi	32
Tabel 4.1 : Tabel Data Pengukuran Dimensi Pelat Kapasitor dan Jarak antar Pelat Kapasitor	34
Tabel 4.2 : Tabel Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Udara	35
Tabel 4.3 : Tabel Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Kertas dengan Koefisien Dielektrik 3,24.....	35
Tabel 4.4 : Tabel Perhitungan Muatan induksi Pada Dielektrik Kuarsa dengan Koefisien Dielektrik 3,56.....	36
Tabel 4.5 : Tabel Perhitungan Muatan induksi Pada Dielektrik Benzena dengan Koefisien Dielektrik 2,12.....	36
Tabel 4.6 : Tabel Perhitungan Muatan induksi Pada Dielektrik Belerang dengan Koefisien Dielektrik 3,74.....	37
Tabel 4.7 Hasil Analisis Uji Kesamaan Dua Rata-rata.....	38
Tabel 4.8 Hasil Analisis Persamaan Regresi Linier	39
Tabel 4.9 Hasil Analisis Sidik Ragam Regresi	42
Tabel Lampiran 2.1 : Tabel Perhitungan Koefisien Dielektrik melalui Eksperimen.....	48
Tabel Lampiran 3.1 : Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Kertas	51
Tabel Lampiran 3.2 : Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Kuarsa.....	52
Tabel Lampiran 3.3 : Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Benzena	53
Tabel Lampiran 3.4 : Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Belerang.....	54
Tabel Lampiran 3.5 : Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Kertas.....	55

Tabel Lampiran 3.6 : Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Kuarsa	56
Tabel Lampiran 3.7 : Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Benzene	56
Tabel Lampiran 3.8 : Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Belcrang	57

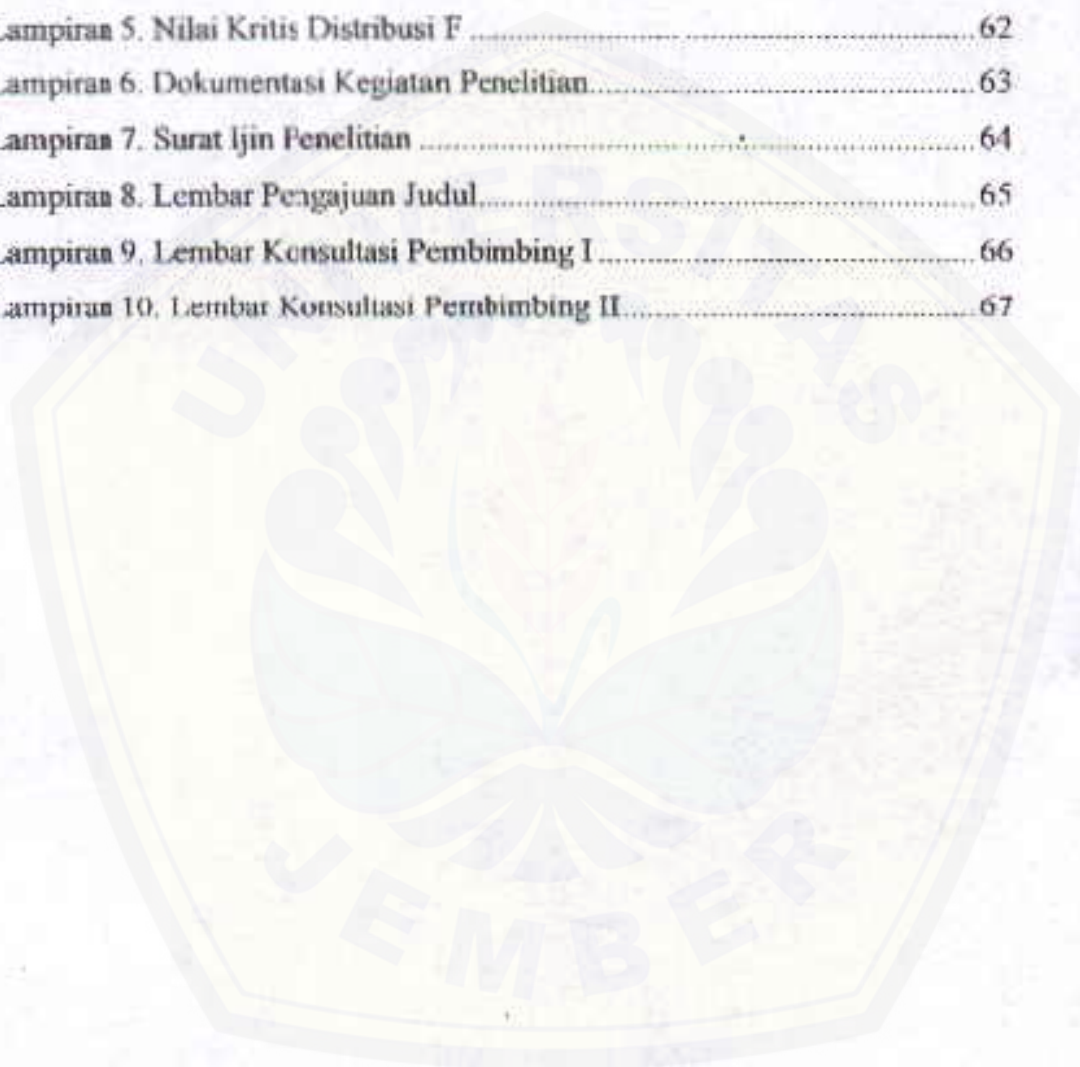


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampang Kapasitor Silinder Bermuatan.....	6
Gambar 2.2 Pelat Sejajar Bermuatan	7
Gambar 2.3 Pelat Sejajar Berisi Bahan Dielektrik	8
Gambar 2.4 (a) Beda potensial yang terukur pada kapasitor tanpa dielektrik .9	
(b) Berkurangnya beda potensial sebagai efek adanya dielektrik yang tersisip antara pelat sebuah kapasitor	9
Gambar 2.5 Gambaran Skematis Kapasitansi	10
Gambar 2.6 (a) Molekul tak polar, pusat muatan positif dan negatif berada ditempat yang sama	12
(b) Dalam medan listrik molekul mendapat momen dipol listrik	12
Gambar 2.7 Timbulnya momen dipol induksi dalam bahan dielektrik menyebabkan muatan induksi pada permukaan dielektrik	14
Gambar 2.8 Rangkaian sederhana RC paralel.....	16
Gambar 2.9 Perubahan arus $I(t)$ terhadap pengisian kapasitor.....	17
Gambar 2.10 Perubahan tegangan kapasitor terhadap waktu.....	18
Gambar 2.11 Rangkaian op-amp dasar	19
Gambar 2.12 Diferensiator op-amp praktis.....	20
Gambar 2.13 Rangkaian sistem tomografi.....	22
Gambar 3.1 Desain Penelitian.....	23
Gambar 3.2 Pengukur diameter pelat kapasitor dan jarak antar pelat	25
Gambar. 3.3 Rangkaian kerja	25
Gambar. 3.4 Sistem tomografi dengan function generator	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Matrik Penelitian.....	17
Lampiran 2. Perhitungan Muatan Induksi.....	48
Lampiran 3. Perhitungan Analisis Hasil Percobaan.....	51
Lampiran 4. Nilai Kritis Distribusi t.....	61
Lampiran 5. Nilai Kritis Distribusi F.....	62
Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	63
Lampiran 7. Surat Ijin Penelitian.....	64
Lampiran 8. Lembar Pengajuan Judul.....	65
Lampiran 9. Lembar Konsultasi Pembimbing I.....	66
Lampiran 10. Lembar Konsultasi Pembimbing II.....	67



ABSTRAK

Liza Fitria M, 2004, Sistem Tomografi Dalam Pengukuran Pengaruh Perubahan Dielektrik Terhadap Muatan Induksi Pada Kapasitor Keping Sejajar.

Skripsi Program Pendidikan Fisika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Pembimbing I : Drs. Sri Handono BP, M.Si

Pembimbing II : Drs. Bambang Supriadi, M.Sc

Kata Kunci : Sistem Tomografi, Dielektrik, Muatan Induksi, Kapasitor Keping Sejajar

Kapasitor adalah salah satu komponen elektronika yang memiliki peranan penting dalam bidang elektronika. Hampir pada setiap alat listrik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari memiliki komponen ini. Pada prinsipnya kapasitor digunakan untuk menyimpan muatan listrik, yang daya tampungnya dapat ditingkatkan dengan cara memperbesar ukuran kapasitor, memperpendek jarak antar pelat kapasitor atau menaikkan koefisien dielektrik antara pelat kapasitor tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut timbul suatu permasalahan sebagai berikut : (1) adakah perbedaan muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor yang berisi udara diberi dielektrik yang berbeda, dan (2) adakah pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan sistem tomografi pada kapasitor keping sejajar. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji perbedaan muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor yang berisi udara diberi dielektrik yang berbeda serta mengkaji pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan sistem tomografi pada kapasitor keping sejajar. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan uji kesamaan dua rata-rata, persamaan regresi linier dan sidik ragam regresi. Dari analisa data dengan uji kesamaan dua rata-rata diperoleh kesimpulan bahwa ada perbedaan besar muatan induksi untuk 4 bahan dielektrik yang berbeda dibandingkan saat ruang antar pelat kapasitor berisi udara. Dari analisa data juga diperoleh 4 persamaan regresi linier dan 4 grafik dalam bentuk linier. Dari hasil sidik ragam regresi diperoleh kesimpulan bahwa perubahan dielektrik (beda potensial) mempunyai pengaruh terhadap muatan induksi baik pada dielektrik kertas, kuarsa, benzena dan belerang.

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kapasitor merupakan salah satu komponen elektronika yang memiliki peranan amat penting dalam kehidupan manusia terutama pada peralatan elektronika. Hampir pada setiap alat elektronika seperti radio, televisi, penguat dan sebagainya dapat kita jumpai kapasitor di dalamnya. Kapasitor (disebut juga kondensator) mempunyai kemampuan untuk menyimpan muatan listrik atau energi listrik. Sedangkan pada prinsipnya kapasitor biasanya digunakan untuk menyimpan muatan listrik. Kapasitor yang saat ini beredar dipasaran memiliki bentuk, ukuran dan jenis yang berbeda-beda. Berdasarkan bentuknya, ada beberapa macam kapasitor antara lain kapasitor bola sepusat, kapasitor silinder dan kapasitor keping sejajar.

Pada dasarnya semua benda dapat diberi muatan listrik. Hal ini menunjukkan bahwa setiap benda bisa menjadi kapasitor walaupun daya tampung muatan listriknya rendah. Disamping itu setiap benda dapat berfungsi sebagai kapasitor dengan syarat benda tersebut memiliki muatan sama besar yang jenisnya berlawanan yaitu muatan positif dan muatan negatif. Pada umumnya untuk meningkatkan daya tampung muatan listrik pada kapasitor, dapat dilakukan dengan cara memperbesar ukuran kapasitor, memperpendek jarak antar pelat kapasitor atau menaikkan koefisien dielektrik antara pelat kapasitor (Soeharto, 1992 : 87 ; Giancoli, 2001 : 48). Oleh sebab itu saat bahan dielektrik diletakkan dalam ruang antar pelat kapasitor yang telah dihubungkan dengan sumber listrik, maka terbentuk dipol listrik sehingga pada permukaan bahan timbul muatan induksi.

Setiap benda memiliki sifat dielektrik yang berbeda satu sama lain. Saat dielektrik disisipkan diantara pelat kapasitor maka harga kapasitansi kapasitor dapat meningkat walaupun ukuran kapasitornya tetap. Makin besar harga kapasitansi kapasitor maka makin besar pula muatan listrik atau energi listrik yang dapat tersimpan pada kapasitor. Karena setiap benda memiliki sifat dielektrik

yang berbeda maka perempatan dielektrik diantara pelat kapasitor memberikan pengaruh yang berbeda. Karena itu dielektrik yang disisipkan di antara pelat kapasitor pada dasarnya bertujuan untuk memperbesar kapasitas kapasitor. Disamping itu pemampatan dielektrik pada pelat kapasitor mengakibatkan intensitas medan kapasitor berkurang begitu juga dengan beda potensialnya, karena timbul medan pada dielektrik yang arahnya berlawanan dengan medan luar. Maka pelemahan medan listrik mengungkapkan pengurangan beda potensial pada pelat kapasitor bermuatan bila sebuah dielektrik disisipkan di antaranya.

Perubahan dielektrik di antara pelat kapasitor mampu meningkatkan harga kapasitas karena pada sistem kapasitor terjadi penambahan muatan. Perubahan dielektrik yang berpengaruh terhadap muatan induksi akan diamati dengan menggunakan sistem tomografi.

Sistem tomografi adalah suatu sistem yang digurakan untuk menggambarkan sebuah objek di dalam area tertutup tanpa merusak objek yang diamati, dengan memanfaatkan sifat-sifat dielektrik objek (Arko, 1999 : 15). Sistem ini awalnya dikembangkan di bidang kedokteran dan industri dengan memanfaatkan sinar X. Sistem tomografi yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan penerapan penguat operasional (op-amp) untuk mengolah isyarat transduser yaitu mengubah besaran non listrik atau besaran alam seperti suhu, tekanan, gerak dan sebagainya menjadi tegangan listrik. Perubahan bahan dielektrik yang berpengaruh terhadap muatan induksi kita pandang sebagai suatu sinyal yang periodik dan menghasilkan perubahan tegangan yang terbaca pada multimeter.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti mengambil judul tentang "Sistem Tomografi Dalam Pengukuran Pengaruh Perubahan Dielektrik Terhadap Muatan Induksi Pada Kapasitor Keping Sejajar".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang diambil adalah :

- 1) Adakah perbedaan besarnya muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor (berisi udara) diberi dielektrik yang berbeda ?
- 2) Adakah pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan sistem tomografi pada kapasitor keping sejajar ?

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan yang diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Bahan dielektrik yang digunakan yaitu kertas ($K_e = 3,5$); kuarsa ($K_e = 3,8$); berzema ($K_e = 2,28$), dan belerang ($K_e = 4$).
- 2) Pelat kapasitor yang digunakan adalah pelat kapasitor keping sejajar dengan ukuran tetap.
- 3) Besarnya hambatan yang digunakan pada rangkaian sistem tomografi ditentukan sebagai berikut : $R_1 = 2k2\Omega$, $R_2 = R_3 = 1k5\Omega$.

1.4 Definisi Operasional Variabel

Untuk menghindari salah pengertian dalam penelitian ini, diberikan definisi operasional variabel sebagai berikut :

Sistem tomografi merupakan rangkaian penguat operasional (op-amp IC $\mu A 741$) yang dirangkai dengan suatu pembangkit isyarat AC dan beberapa hambatan standart. Sistem kemudian dihubungkan dengan kapasitor keping sejajar yang ruang antar pelatnya telah diberi dielektrik yang diletakkan dalam pipa kaca tertutup. Dielektrik yang disisipkan diubah untuk empat jenis dielektrik yang berbeda. Sebagai input tegangan, sistem tomografi yang telah dirangkai dengan kapasitor dihubungkan dengan pncatu daya $\pm 12V$. Adanya input tegangan menyebabkan terjadinya proses pengisian pada kapasitor dan menimbulkan muatan nduksi pada permukaan bahan dielektrik. Pengaruh dielektrik terhadap muatan induksi ditanggap dalam bentuk sinyal yang diubah menjadi tegangan listrik yang terbaca pada multimeter.

1.5 Tujuan Penelitian

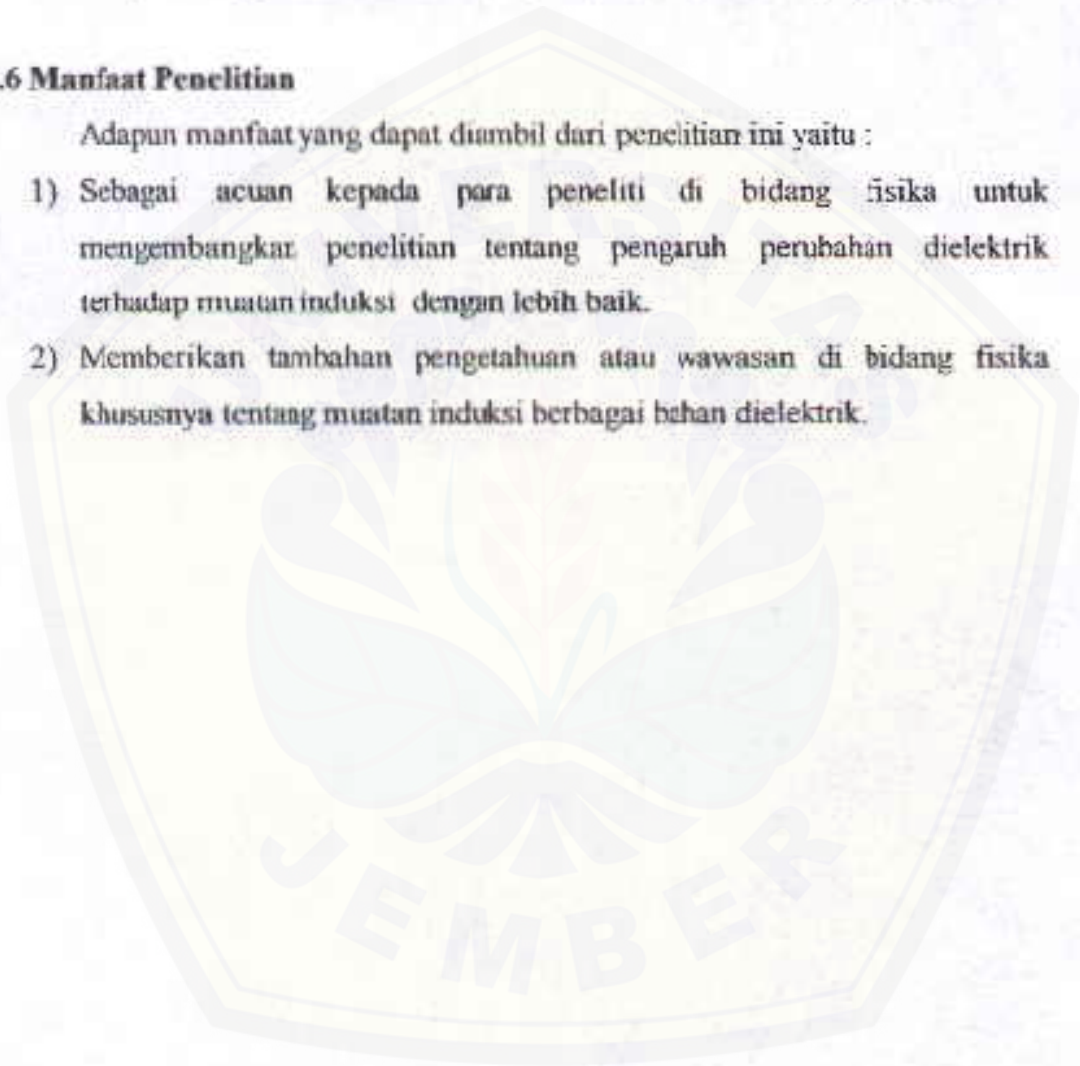
Tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Mengkaji besarnya muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor (berisi udara) diberi dielektrik yang berbeda.
- 2) Mengkaji pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan menggunakan sistem tomografi pada kapasitor keping sejajar.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu :

- 1) Sebagai acuan kepada para peneliti di bidang fisika untuk mengembangkan penelitian tentang pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan lebih baik.
- 2) Memberikan tambahan pengetahuan atau wawasan di bidang fisika khususnya tentang muatan induksi berbagai bahan dielektrik.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapasitor

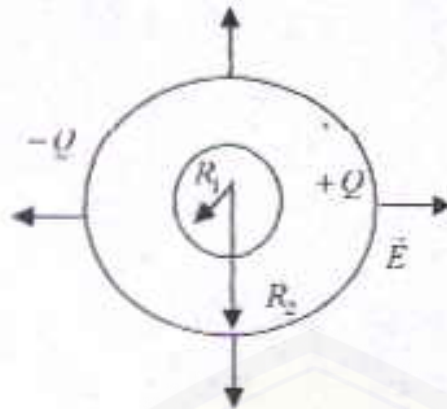
Kapasitor merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik yang umumnya terdiri dari dua elemen atau pelat logam yang dipisahkan oleh isolator (dielektrik) tipis (Tobing, 1996 : 175). Saat ini kapasitor muncul dalam berbagai bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Menurut Woollard (2002 : 26) dan Supriadi (1996 : 34), suatu kapasitor secara umum memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Dua konduktor atau pelat logam yang dipisahkan oleh suatu isolator (dielektrik) merupakan suatu kapasitor.
- b. Muatan pada kedua pelat logam memiliki besar sama tetapi berlawanan tanda sehingga keseluruhan sistem muatannya nol.
- c. Muatan positif dan muatan negatif pada kedua pelat logam menghasilkan medan listrik di antara keduanya.

2.1.1 Kapasitansi Kapasitor Tanpa Dielektrik

Kapasitansi adalah kemampuan sistem kapasitor untuk menyimpan muatan atau energi listrik. Setiap bentuk sistem ini memiliki kemampuan menyimpan muatan atau energi listrik yang berbeda, tergantung dari konfigurasi atau bentuk sistemnya, ukuran kapasitor dan ada tidaknya dielektrik yang disisipkan di antara pelatnya.

Dilihat dari bentuknya kapasitor ada yang berbentuk silinder, bola dan keping sejajar. Berikut ini diuraikan kapasitansi masing-masing bentuk sistem kapasitor, dalam hal ini ruang antara pelatnya berada dalam keadaan vakum. Sebuah kapasitor silinder terdiri dari dua silinder koaksial dengan panjang l dan jari-jarinya R_1 dan R_2 seperti gambar berikut:



Gambar. 2.1 Penampang kapasitor silinder bermuatan

Dalam ruang antara kedua silinder kuat medan listrik dinyatakan dengan

$$E(r) = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r} \quad \text{untuk } R_1 \leq r \leq R_2 \quad (2.1)$$

Dalam hal ini λ adalah muatan tiap satuan panjang dan ϵ_0 adalah permitivitas vakum yang besarnya $8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$.

Beda potensial antara silinder

$$\begin{aligned} V &= - \int_{R_2}^{R_1} E dr = - \int_{R_2}^{R_1} \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r} dr \\ &= \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{R_1} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Bila panjang silinder l , maka

$$Q = \lambda l = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \cdot V \quad (2.3)$$

Kapasitansi sistem

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \quad (2.4)$$

(Sutrisno, 1983 : 46-47).

Pada kapasitor bola dengan jari-jari R dan muatan sebesar Q , potensialnya adalah

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R} \quad (2.5)$$

sehingga kapasitansi bola dengan jari-jari R

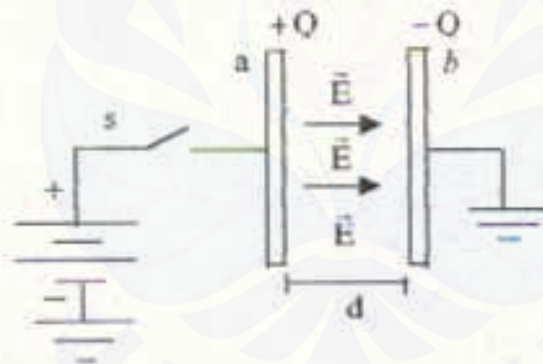
$$C = \frac{Q}{V} = 4\pi\epsilon_0 R \quad (2.6)$$

Untuk kapasitor keping sejajar yang dihubungkan dengan sumber tegangan, saat saklar S ditutup diantara kedua pelat kapasitor timbul medan listrik.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \quad (2.7)$$

Dalam hal ini $\sigma = \frac{Q}{A}$ adalah muatan tiap satuan luas pelat

Seperti pada Gambar 2.2 Pada pelat (a) terkumpul muatan sebesar $+Q$ dan pada pelat (b) sebesar $-Q$. Muatan dalam pelat akan mencapai harga maksimum Q setelah potensial pelat (a) mencapai harga V sama dengan potensial sumber tegangan.



Gambar. 2.2 Pelat sejajar bermuatan

Beda potensial antara kedua pelat kapasitor

$$V = E \cdot d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d = \frac{Qd}{\epsilon_0 A} \quad (2.8)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.8 ke dalam hubungan $C = \frac{Q}{V}$, maka kapasitansi kapasitor keping sejajar adalah

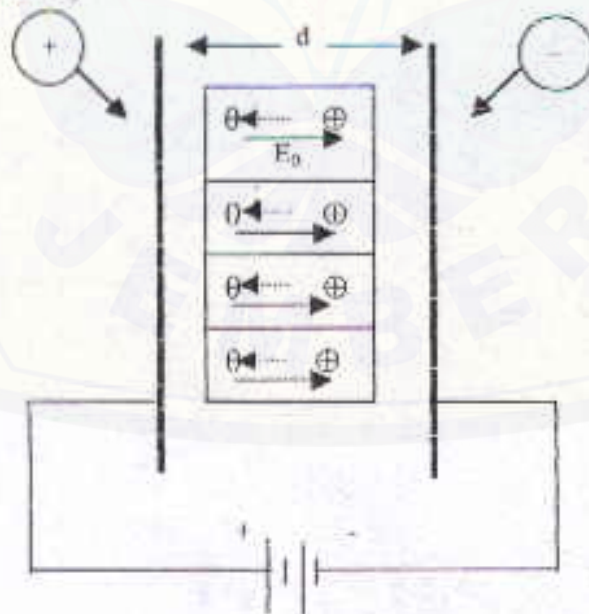
$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Qd}{\epsilon_0 A}} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.9)$$

Persamaan 2.9 menyatakan besarnya kapasitansi kapasitor keping sejajar yang berbanding lurus dengan luas pelat A dan berbanding terbalik dengan jarak antara pelat d. Maka harga kapasitansi dapat ditingkatkan dengan memperbesar ukuran (luas) kapasitor dan memperkecil jarak antara pelat. Makin besar C makin besar muatan atau energi listrik yang dapat disimpan dalam sistem. Suatu sistem yang dapat menyimpan muatan atau energi listrik disebut sistem kapasitif (Sutrisno, 1983 : 45-46)

Berdasarkan ketiga bentuk kapasitor, yang nantinya digunakan adalah kapasitor keping sejajar

2.1.2 Kapasitansi Kapasitor dengan Dielektrik

Dielektrik yang disisipkan di antara pelat kapasitor umumnya dapat meningkatkan harga kapasitansi kapasitor dibandingkan saat ruang antar pelat kapasitor berada dalam keadaan vakum untuk ukuran kapasitor yang sama (Tobing, 1996 : 178-179).

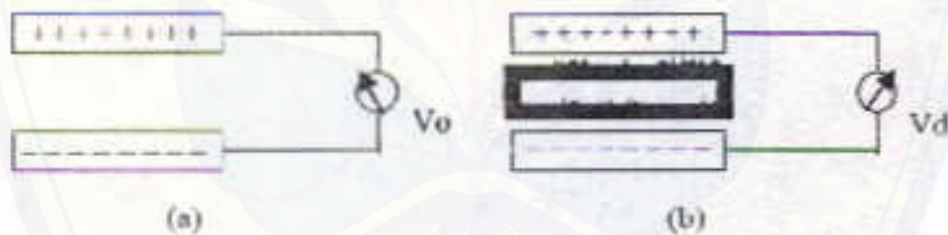


Gambar. 2.3 Pelat sejajar berisi bahan dielektrik

Berdasarkan eksperimen yang pernah dilakukan oleh Faraday dapat diketahui bahwa muatan pada kapasitor yang mengandung dielektrik lebih besar daripada muatan pada kapasitor yang ruang antar pelatnya berisi udara. Karena Q lebih besar jika ada dielektrik untuk V yang sama, maka dari hubungan $C = Q/V$ diperoleh bahwa kapasitansi kapasitor bertambah besar jika sebuah dielektrik disisipkan di antara pelatnya. Meningkatnya kapasitansi kapasitor menyebabkan polarisasi pada dielektrik sehingga terjadi perubahan terhadap muatan positif dan muatan negatif.

Kedua permukaan muatan induksi pada dielektrik menghasilkan medan yang arahnya melawan medan luar, sehingga intensitas medan dan beda potensialnya berkurang. Pelemahan medan listrik mengungkapkan pengurangan beda potensial antara pelat kapasitor bermuatan bila sebuah dielektrik disisipkan di dalamnya.

Pada saat kedua kapasitor diberi muatan yang sama terjadi perbedaan terhadap beda potensial yang terukur di antara pelat kapasitor, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4 berikut



Gambar. 2.4 (a) Beda potensial yang terukur pada kapasitor tanpa dielektrik
(b) Berkurangnya beda potensial sebagai efek adanya dielektrik yang tersisip antara pelat sebuah kapasitor

Besarnya beda potensial pada kapasitor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8. Persamaan ini tetap berlaku saat kapasitor berada dalam keadaan vakum atau berisi dielektrik. Dengan adanya dielektrik terjadi perubahan terhadap intensitas medan kapasitor begitu juga dengan beda potensialnya. Maka persamaan 2.8 dapat dituliskan sebagai berikut

$$V_d = E_d \cdot d \quad (2.9)$$



Untuk jarak antar pelat kapasitor (d) yang sama perubahan terhadap V dan E terjadi karena adanya factor K_e yang besarnya dinyatakan dengan persamaan

$$K_e = \frac{V_0}{V_d} \quad \text{atau} \quad K_e = \frac{E_0}{E_d} \quad (2.10)$$

Dalam hal ini V_0 beda potensial tanpa dielektrik dan V_d beda potensial dengan dielektrik.

Secara lebih spesifik efek dielektrik terhadap kapasitansi kapasitor dapat dituliskan dengan persamaan berikut

$$C' = K_e \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.11)$$

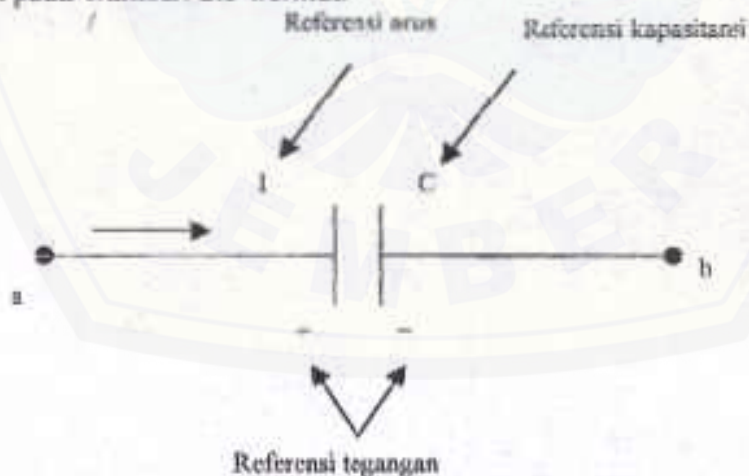
Persamaan ini juga dapat dituliskan

$$C' = \epsilon \frac{A}{d} \quad (2.12)$$

Dalam hal ini $\epsilon = K_e \epsilon_0$ disebut permitivitas bahan (Halliday, 1997 : 153-154 ; Giancoli, 2001 : 45-47).

2.1.3 Energi Pada Kapasitor

Gambaran skematis dari kapasitansi serta arah referensi arus dan tegangan ditunjukkan pada Gambar. 2.5 berikut.



Gambar. 2.5 Gambaran skematis kapasitansi

Arus yang melalui kapasitor sebanding dengan turunan beda potensial yang melaluinya.

$$i = C \frac{dV}{dt} \quad (2.13)$$

Muatan mengalir dari potensial yang lebih tinggi ke potensial yang lebih rendah yakni dari tanda tambah (+) ke tanda kurang (-), yang menyatakan tenaga dapat dipindahkan dari rangkaian dan disimpan. Daya yang diasosiasikan dengan sebuah kapasitansi adalah :

$$P = V \cdot i = C \cdot V \frac{dV}{dt} \quad (\text{watt}) \quad (2.14)$$

Dan tenaganya adalah

$$W = \int P dt = \int C V \frac{dV}{dt} \cdot dt = \int C V dV = \frac{1}{2} C V^2 \quad (2.15)$$

Nilai tenaga yang tersimpan dalam kapasitor bergantung pada besarnya tegangan dan tidak bergantung pada cara untuk mencapai besarnya tegangan tersebut (Silaban, 1992 : 14-15).

2.2 Dielektrik

Bahan isolator disebut juga dielektrik, terutama bila kita membicarakannya dari segi muatan induksi yang ditimbulkan di dalam medan listrik. Dari segi penggunaannya, dielektrik biasanya disisipkan di antara pelat kapasitor untuk menambah besarnya harga kapasitansi. Dalam bahan isolator sempurna tidak ada muatan bebas, semua elektron terikat erat pada masing-masing atomnya.

2.2.1 Teori Kemolekulan Muatan Terinduksi Pada Dielektrik

Molekul sebuah dielektrik dapat berupa molekul polar atau molekul non polar. Molekul non polar adalah molekul yang pusat-pusat gaya berat muatan positif dan muatan negatifnya normal berhimpitan, sedangkan muatan pada molekul polar tidaklah berhimpitan. Molekul simetris seperti H_2 , N_2 , dan O_2 adalah non polar. Didalam molekul N_2O dan H_2O adalah sebaliknya, kedua atom nitrogen atau hidrogennya terletak pada sisi yang sama dari atom oksigen. Semua molekul ini polar dan masing-masing merupakan dipol listrik yang sangat kecil.

Di bawah pengaruh medan listrik muatan molekul non polar berpindah seperti pada Gambar 2.3b. Molekul ini dikatakan terpolarisasi oleh medan dan disebut dipol terinduksi (Zemansky, 1994 : 639).

Sebaliknya pada dielektrik tidak dipengaruhi medan listrik, muatan positif dan muatan negatif pada dielektrik tidak terpisah. Sebaliknya bila dielektrik diletakkan dalam medan listrik kedua muatan terpisah dan terbentuk dipol listrik pada bahan sehingga terjadi muatan induksi (Soeharto, 1995 : 98).

Timbulnya muatan induksi pada permukaan dielektrik dapat diterangkan sebagai berikut. Molekul-molekul pada bahan dielektrik mempunyai muatan positif dan muatan negatif yang dapat terpolarisasi oleh medan listrik luar. Misalkan sekumpulan molekul dengan muatan positif dan negatif pada tiap molekulnya terpusat pada tempat yang sama, maka molekul seperti ini bersifat tak polar. Jika diletakkan dalam medan listrik maka gaya coulomb merenggangkan pusat muatan positif dan muatan negatif.



Gambar. 2.6 (a) Molekul tak polar, pusat muatan positif dan negatif ada ditempat yang sama.
(b) Dalam medan listrik, molekul mendapat momen dipol listrik.

Hal ini menyebabkan molekul mendapat momen dipol listrik, yaitu momen dipol terinduksi. Pada molekul tertentu, pusat distribusi muatan positif dan negatif tiap molekul terpisah. Molekul seperti ini mempunyai momen dipol listrik permanen dan dikatakan bersifat polar. Dalam bahan bermolekul polar, arah momen dipol adalah acak. Bila bahan diletakkan dalam medan listrik setiap molekul mendapat momen gaya karena medan coulomb sehingga dipol molekul akan terarah (Sutrisno, 1983 : 50-51).

2.2.2 Efek Dielektrik

Penempatan dielektrik diantara pelat sebuah kapasitor menyebabkan terjadinya perubahan beda potensial yang turun sampai suatu harga V yang lebih rendah dibandingkan harga V pada kapasitor tanpa dielektrik, seperti terlihat pada Gambar 2.4. Tetapi saat dielektrik dipisahkan dari kapasitor maka beda potensialnya kembali ke harga awal.

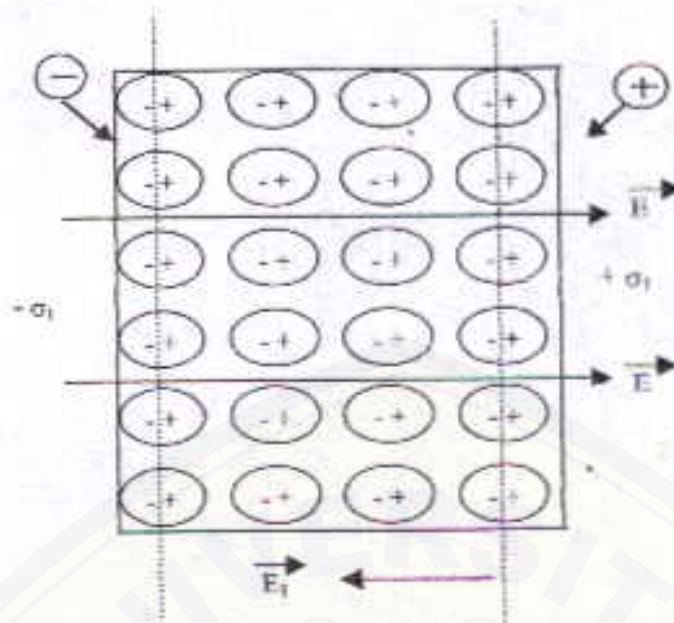
Turunnya beda potensial sebagai akibat adanya dielektrik pada pelat kapasitor, berarti turunnya pula intensitas listrik yang selanjutnya mengakibatkan turunnya muatan persatuan luas. Karena tidak ada muatan yang bocor keluar pelat, maka peaurunan disebabkan karena munculnya muatan induksi pada permukaan bahan dielektrik. Artinya permukaan dielektrik yang berdekatan dengan pelat positif memiliki muatan induksi negatif sedangkan permukaan dielektrik yang berdekatan dengan pelat negatif memiliki muatan induksi positif. Muatan yang terukur pada kapasitor dengan dielektrik lebih besar daripada pada kapasitor tanpa dielektrik untuk potensial yang sama (Halliday, 1992 : 153-154).

2.2.3 Permittivitas Listrik

Sebelum ada dielektrik, kuat medan listrik pada pelat sejajar serba sama dan mempunyai harga:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (2.16)$$

disini σ adalah rapat muatan pada pelat logam. Bila sebuah dielektrik diletakkan di antara pelat timbulah muatan induksi pada permukaan dielektrik seperti tampak pada Gambar.2.7 berikut.



Gambar. 2.7 Timbulnya momen dipol induksi dalam dielektrik menyebabkan muatan induksi pada permukaan dielektrik.

Bila rapat muatan induksi kita nyatakan sebagai σ_i kuat medan induksinya adalah

$$E_i = -\hat{j} \frac{\sigma_i}{\epsilon_0} \quad (2.17)$$

Medan induksi ini dihasilkan oleh muatan induksi yang berlaku sebagai sistem pelat sejajar. Arah medan induksi yang melawan medan disebabkan oleh muatan pelat yaitu

$$E_0 = +\hat{j} \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad (2.18)$$

Medan dalam dielektrik adalah superposisi kedua medan listrik E_0 dan E_i sehingga medan dalam dielektrik menjadi

$$E = E_0 + E_i = \hat{j} \left(\frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma_i}{\epsilon_0} \right) \quad (2.19)$$

Rapat muatan induksi σ_i bergantung pada kuat medan listrik dalam dielektrik yaitu E . Bila kuat medan listrik tidak terlalu besar maka rapat muatan induksi σ_i sebanding dengan kuat medan listrik dalam dielektrik.

$$q_i = X_e E \quad (2.20)$$

Tetapan X_e disebut suseptibilitas listrik yang ditentukan dengan persamaan

$$X_e = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 = K_e - 1 \quad (2.21)$$

Besarnya muatan induksi yang timbul pada permukaan dielektrik yaitu

$$q_i = \sigma_1 A \quad (2.22)$$

Dari persamaan 2.18 maka besarnya muatan induksi

$$q_i = X_e E A \quad (2.23)$$

jika $E = \frac{V}{d}$ maka

$$q_i = X_e \frac{V}{d} A \quad (2.24)$$

dengan $X_e = \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 \right) = (K_e - 1)$

(Zemansky, 1994 : 644 - 645).

Berikut ini koefisien dielektrik beberapa bahan dielektrik.

Tabel 2.1 Koefisien dielektrik (K_e)

No.	Bahan Dielektrik	Koefisien Dielektrik
1.	Vakum	1,00000
2.	Udara	1,00054
3.	Benzena	2,28
4.	Kayu	3,1
5.	Kertas	3,5
6.	Kuarsa	3,8
7.	Belerang	4
8.	Gelas Pirex	4,5
9.	Mika	5
10.	Bakelit	5,5
11.	Neoprene	6,7

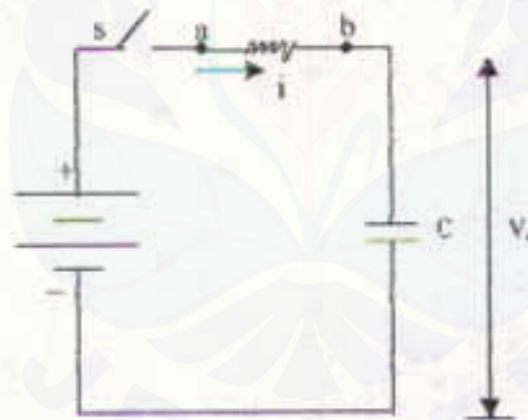
(Zemansky, 1994 : 645 ; Weidner, 1965 : 716)

2.3 Sistem Tomografi

Sistem tomografi adalah sistem yang digunakan untuk menggambarkan sebuah objek di dalam arca tertutup tanpa merusak objek yang diamati, dengan memanfaatkan sifat-sifat dielektrik objek. Sistem ini memanfaatkan penguat operasional yang dirangkai secara kapasitif untuk menangkap pengaruh dielektrik dalam bentuk sinyal periodik (Arko, 1999 : 15-16).

2.3.1 Rangkaian RC

Rangkaian RC merupakan rangkaian elektronika sederhana yang terdiri dari dua elemen yaitu kapasitor dan resistor. Jika kapasitor dengan kapasitansi C dihubungkan dengan sumber tegangan V , terjadi proses pengisian dan pengosongan muatan kapasitor, dimana proses ini memegang peranan penting dalam bidang elektronika. Proses ini berlaku singkat sehingga arus yang mengalir mengecil seiring waktu. Hal ini berarti arus hanya timbul sementara dan dikenal dengan arus transien.



Gambar. 2.8 Rangkaian sederhana RC paralel

Pada saat dihubungkan dengan tegangan V_s maka setelah beberapa waktu di dalam kapasitor akan terkumpul muatan sebanyak

$$Q = C \cdot V \quad (2.25)$$

Isi muatan tetap tersimpan dalam kapasitor selama tidak ada kebocoran muatan yang mengalir dari pelat kapasitor yang satu ke yang lain. Setelah nilai muatan Q tercapai, kapasitor dikatakan terisi penuh. Tetapi kapasitor tidak langsung terisi

penyimpanan tetapi memerlukan waktu. Pada saat t kapasitor yang mula-mula kosong menerima muatan sebesar :

$$Q(t) = \int_0^t i dt \quad (2.26)$$

dengan beda tegangan sebesar :

$$V_c(t) = \frac{Q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int_0^t i dt \quad (2.27)$$

Beda tegangan antara kedua ujung resistor menjadi :

$$\begin{aligned} V_{ab} &= V_k(t) - \varepsilon - V_c(t) \\ &= \varepsilon - \frac{1}{C} \int_0^t i dt = I(t)R \end{aligned} \quad (2.28)$$

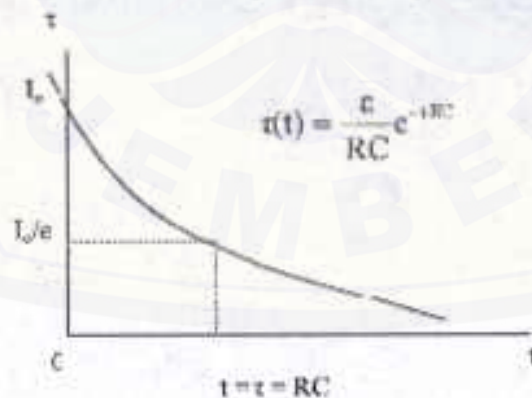
Karena $V_c(t)$ terus bertambah sedangkan V_{ab} terus berkurang maka $I(t)$ pun ikut terus berkurang sebesar :

$$I = I_0 e^{-t/RC} \quad (2.29)$$

Pada $t = 0$ yaitu pada saat kapasitor belum terisi maka $V_c(t) = 0$ dan

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/RC} \quad (2.30)$$

Harga eksponensial menunjukkan bahwa arus $I(t)$ turun secara eksponensial. Perubahan arus I terhadap waktu t dapat dilihat pada Gambar. 2.9



Gambar. 2.9 Perubahan arus $I(t)$ terhadap pengisian kapasitor

Gambar diatas memperlihatkan proses pengisian muatan pada kapasitor. Pada saat $t = RC$ maka

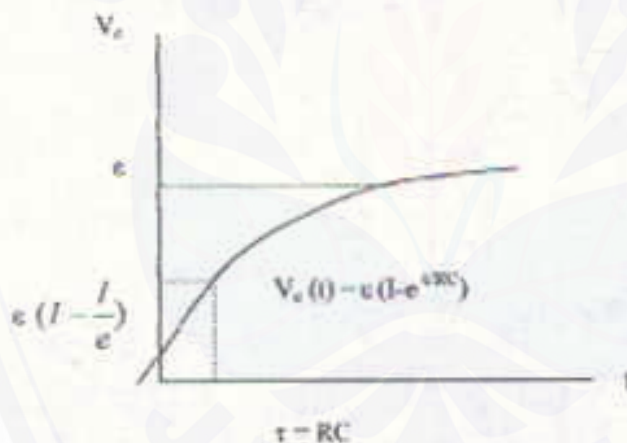
$$I(t = RC) = \frac{I_0}{e} \quad (2.31)$$

Dalam hal ini $I = I_0 e^{-t/RC}$ dan e merupakan bilangan natural sebesar 2,712, sedangkan $t = RC$ disebut tetapan waktu kapasitif dan dinyatakan dengan $\tau = RC$.

Pada saat kapasitor diisi tegangan kapasitor bertambah dengan waktu sebesar :

$$\begin{aligned} V_c(t) &= \frac{1}{C} \int_0^t i dt = \frac{1}{C} \int_0^t \frac{\epsilon}{R} e^{-t/RC} dt = -\epsilon (e^{-t/RC} - 1) \\ &= \epsilon (1 - e^{-t/RC}) \end{aligned} \quad (2.32)$$

Sehingga pada saat $\tau = RC$ maka $V_c(t) = \epsilon$ yang menunjukkan kapasitor penuh. Grafik perubahan tegangan kapasitor V_c terhadap t ini dapat dilihat pada Gambar. 2.10



Gambar. 2.10 Perubahan tegangan kapasitor terhadap waktu

Gambar diatas memperlihatkan bahwa semakin besar harga $\tau = RC$, semakin lama pengisian kapasitor hingga penuh (pencapaian $V_c = \epsilon$). Dengan demikian makin besar R arus untuk mengisi kapasitor semakin kecil. Begitu pula jika C besar maka diperlukan waktu yang lama untuk mengisi kapasitor hingga penuh (Sutrisno, 1986 10-13).

2.3.2 Penguat Operasional (op-amp)

Penguat operasional atau biasa disebut op-amp merupakan penguat masuk diferensial berprosehan tinggi gandeng langsung dengan umpan balik negatif. Penampilan penguat dengan elemen umpan balik terutama dikendalikan dan ditentukan hanya oleh elemen-elemen umpan balik dan tidak bergantung pada karakteristik transistor, tahanan dan kapasitor yang membentuk penguat operasional. Karena elemen-elemen umpan balik umumnya pasif, operasi rangkaian dapat dibuat sangat stabil dan penampilannya dapat diperkirakan.

Simbol rangkaian op-amp dasar dapat dilihat pada Gambar. 2.11 berikut.



Gambar. 2.11 Rangkaian op-amp dasar

Terminal a dan b merupakan terminal-terminal masuk sedangkan terminal c merupakan terminal keluaran. Terminal a disebut terminal inverting dan diberi tanda negatif. Hal ini menunjukkan bahwa sinyal yang diberikan pada terminal a akan muncul pada terminal c dengan polaritas yang berlawanan. Terminal b (terminal noninverting) memiliki tanda positif yang menunjukkan sinyal keluaran di terminal c selalu sama polaritasnya dengan sinyal yang diberikan oleh terminal b (Chattopadhyay, 1989 : 236-237).

Penguat operasional yang digunakan adalah penguat inverting (pembalik), IC $\mu A741$. Penguat akan dihubungkan secara ac dengan tahanan masuk R_1 dan tahanan umpan balik R_2 . Jenis op-amp ini mempunyai $2\mu V$ dari gangguan keseluruhan pada frekuensi sebesar 10Hz sampai 100 KHz. Tegangan gangguan ini berlaku untuk tahanan sumber antara 100Ω sampai $20 k\Omega$. Tegangan langsung bertambah bersama R_1 , setiap kali R_1 melebihi $20 k\Omega$. Jadi R_1 harus dipertahankan di bawah $20 k\Omega$ untuk meminimumkan gangguan dalam keluarannya. Hal ini juga berlaku untuk hambatan R_2 dan R_3 . Sedangkan untuk memperkecil pengaruh arus bias masukan yang tergantung pada tahanan umpan balik R_2 , maka perlu menempatkan sebuah hambatan R_3 (tahanan kompensasi

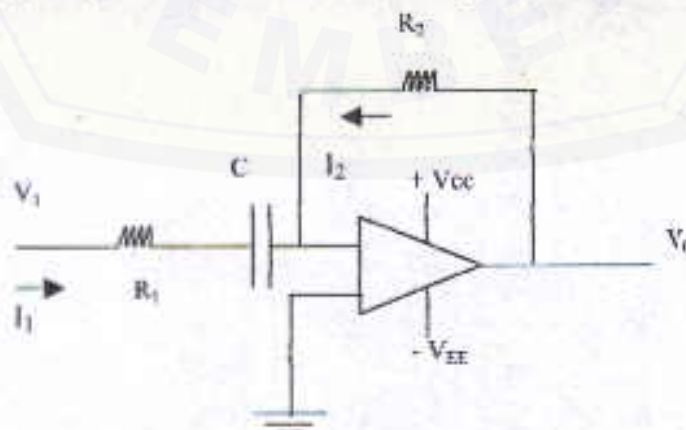
arus bias ke tanah yang besarnya sama dengan hambatan R_1 ($R_1 = R_2$) dalam terminal positif (Sedra, 1990: 131-132; Robert, 1983: 196-223).

2.3.3 Sistem Tomografi Pada Kapasitor Keping sejajar

Sistem tomografi pada awalnya dikembangkan pada bidang medis dan industri dengan memanfaatkan sinar X. Untuk perkembangan selanjutnya penggunaan sinar X digantikan dengan yang lain karena efeknya yang membahayakan manusia. Untuk itu dalam pengembangannya digunakan sistem tomografi listrik (Arko, 1999: 15-17).

Sistem tomografi memanfaatkan sifat dielektrik objek dalam area tertutup dengan menggunakan penguat operasional yang dihubungkan dengan rangkaian RC untuk bisa menangkap pengaruh perubahan dielektrik terhadap nilai kapasitansi dalam bentuk sinyal periodik dan menghasilkan perubahan tegangan pada multimeter.

Sekarang akan kita tinjau nilai kapasitansi yang berubah karena dielektrik suatu bahan sebagai suatu sinyal periodik. Sinyal input yang menghasilkan tegangan pada suatu rangkaian, menentukan keluaran (output) yang dikehendaki. Untuk menghasilkan tegangan output yang sebanding dengan kemiringan tegangan input diperlukan suatu operasi diferensiasi matematik. Diferensiator merupakan salah satu rangkaian yang digunakan untuk mendiferensiasikan sinyal input. Dengan keluaran berupa gelombang sinus diharapkan lebih mudah dalam menentukan pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi.



Gambar. 2.12 Diferensiator op-amp praktis

Seperti pada gambar diatas, bila tegangan input berubah kapasitor diisi atau dikosongkan. Karena adanya ground, arus mengalir melalui tahanan umpan balik dan menghasilkan tegangan. Tegangan ini setara dengan tegangan masuk (Malvino, 1995 : 161). Dengan menggunakan op-amp kita dapat mengubah bentuk gelombang masuk menjadi gelombang keluar yang berbeda bentuknya. Masukan biasanya berupa sinyal nonsinusoidal yang dibangkitkan menjadi sinyal sinusoidal setelah melalui penderferensiasi. Arus yang termuat dalam kapasitor secara umum diberikan oleh persamaan :

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{C} \frac{dQ}{dt} = \frac{I_0}{C} \quad (2.33)$$

Berikut ini diuraikan cara memperoleh tegangan output V_o dari suatu sinyal masukan sinusoidal. Polaritas V_1 tergantung pada perbedaan tegangan (V_d) antara masukan pembalik dan masukan tak membalik (Robert, 1983 : 45). Dalam hal ini V_d hanya dipengaruhi oleh V_1 karena V_2 (ditanahkan). Dengan menganalisa perubahan tegangan maka arus kapasitor :

$$I_c = C (dV_1 / dt) \quad (2.34)$$

Dimana arus kapasitor nilainya bergantung dari perubahan tegangan masukan V_1 terhadap waktu, sehingga :

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} + \frac{dV_1}{dt} C$$

dan

$$I_2 = -\frac{V_2}{R_2} \quad (2.35)$$

Karena tidak ada arus yang masuk op-amp maka $I_1 = I_2$ sehingga :

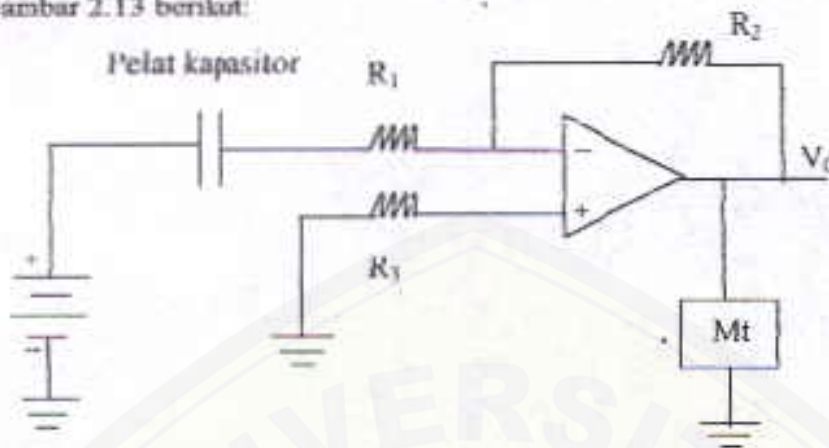
$$V_o = R_2 \left\{ \frac{V_1}{R_1} + \frac{dV_1}{dt} C \right\} \quad (2.36)$$

Karena harga $R_1 \gg R_2$ maka :

$$V_o = R_2 C \frac{\Delta V_1}{\Delta t} \quad (2.37)$$

Karena hasil keluaran sebanding dengan tegangan input maka dapat dikatakan keluaran diferensiator V_o sebanding dengan gradient tegangan masukan V_1 .

Penggunaan sistem tomografi untuk mengetahui pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi pada pelat kapasitor secara skematis terlihat pada Gambar 2.13 berikut:



Gambar. 2.13 Rangkaian Sistem Tomografi

Pada saat pelat kapasitor yang sudah disisipi dielektrik dihubungkan dengan function generator maka muncul tegangan keluaran V_0 dari pelat kapasitor. Dari tegangan keluaran tersebut di dapatkan gelombang pulsa yang terjadi akibat proses pengisian dan pengosongan kapasitor. Dengan adanya proses pengisian dan pengosongan kapasitor, terjadi perubahan tegangan karena adanya perubahan dielektrik pada kapasitor.

2.4 Hipotesis

Hipotesis merupakan jawaban yang bersifat sementara terhadap permasalahan penelitian sampai terbukti melalui data yang terkumpul. Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini diajukan hipotesis kerja sebagai berikut :

1. Ada perbedaan besarnya muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor (berisi udara) diberi dielektrik yang berbeda.
2. Ada pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan sistem tomografi pada kapasitor keping sejajar.

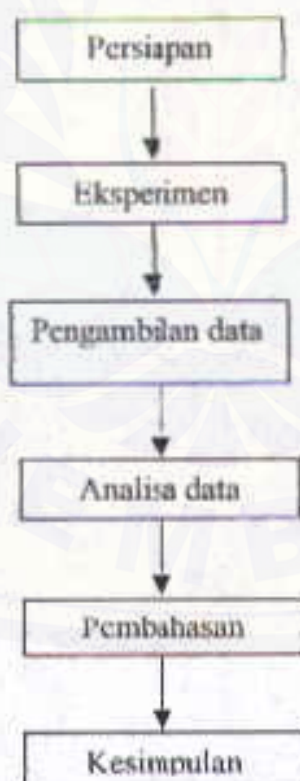
III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fisika Jurusan P.MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember, pada bulan April 2005.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah semua proses yang diperlukan dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian. Prosedur penelitian sering ditafsirkan sebagai suatu proses merencanakan percobaan sehingga hasil yang diperoleh dari percobaan ini dapat memecahkan masalah secara mantap. Penelitian dilaksanakan dalam bentuk eksperimen yang dapat digambarkan seperti bagan berikut ini :



Gambar. 3.1 Prosedur Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini secara lebih rinci adalah sebagai berikut

3.3.1 Alat Penelitian

1. Penguat operasional IC $\mu A741$
2. Pembangkit isyarat AC
3. Pencatu daya $\pm 12V$
4. Multimeter digital
5. Hambatan standart ($2k2\Omega$, $1k5\Omega$)
6. Kapasitor keping sejajar
7. Kabel penghubung
8. Pipa Kaca
9. Jangka sorong

3.3.2 Bahan Penelitian

1. Kertas
2. Benzena
3. Kuarsa
4. Belerang

3.4 Metode Perolehan Data

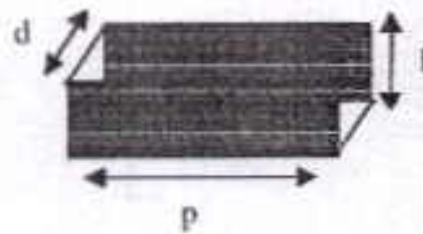
Metode untuk memperoleh data dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut

3.4.1 Desain Alat Penelitian

Desain alat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. Mengukur diameter dari pelat kapasitor dan jarak antar pelat

Untuk mengukur diameter (panjang dan lebar) dan jarak antar pelat kapasitor digunakan jangka sorong. Pengukuran diameter pelat dilakukan untuk mengetahui luas pelat kapasitor yang digunakan.



Gambar. 3.2 Pengukuran diameter pelat kapasitor dan jarak antar pelat

Pelat kapasitor yang digunakan berbentuk persegi dari bahan tembaga.

b. Rangkaian kerja

Rangkaian kerja yang dimaksud disini adalah susunan peralatan dalam bentuk sederhana dengan komponen penyusun sebagai berikut :



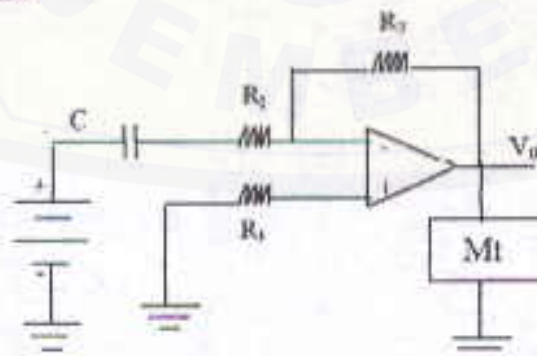
Gambar. 3.3 Rangkaian kerja

Keterangan : 1. Pipa kaca

2. Dua buah pelat kapasitor

3. Bahan dielektrik

c. Pengukuran beda potensial karena perubahan dielektrik dengan sistem tomografi



Gambar. 3.4 Sistem Tomografi

- Keterangan :
1. R1, R2, R3 – resistor standart
 2. Kapasitor keping sejajar
 3. Penguat operasional (op-amp)
 4. Multimeter digital

Untuk pengukuran beda potensial sistem tomografi dihubungkan dengan function generator sebagai input tegangan. Data yang diperoleh berupa perubahan tegangan ditampilkan pada multimeter.

3.4.2 Langkah-langkah Eksperimen

Pada penelitian ini langkah-langkah yang harus dilakukan meliputi :

- a. Pengukuran Dimensi Pelat Kapasitor dan Jarak Antar Pelat
 1. Mengukur dimensi dan jarak antar pelat kapasitor dengan menggunakan jangka sorong.
 2. Mengulang langkah 1 dengan 10 kali pengulangan.
 3. Data yang diperoleh akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut

Tabel 3.1 : Contoh Tabel Pengamatan Dimensi Pelat Kapasitor dan Jarak Antar Pelat Kapasitor

Pengulangan	p(m)	l(m)	d(m)
1.			
2.			
...			
10.			

- b. Pengukuran koefisien dielektrik
 1. Menghubungkan dua pelat kapasitor (bersi dielektrik udara) dengan sumber tegangan listrik.
 2. Mengukur beda potensial pada kapasitor sebagai beda potensial awal (V_0) dengan 10 kali pengulangan.
 3. Mengulang langkah 1 dengan menggunakan kapasitor yang sudah diberi dielektrik. Beda potensial yang muncul terukur sebagai beda

potensial kapasitor dengan dielektrik (V_d). Pengukuran dilakukan dengan 10 kali pengulangan.

4. Mengulang langkah 3 dengan bahan dielektrik yang lain.
5. Menghitung koefisien dielektrik masing-masing bahan dengan persamaan berikut

$$K_r = \frac{V_0}{V_d} \quad (3.1)$$

6. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel berikut

Tabel 3.2 : Contoh Tabel Pengukuran Koefisien Dielektrik

Pengulangan	V_0 (volt)	V_d (volt)	K_e
1.			
2.			
...			
...			
10.			

c. Pengukuran beda potensial

1. Meletakkan dielektrik dalam pipa kaca, dan dirangkai dengan pelat kapasitor yang diletakkan di sisi luar pipa seperti pada Gambar. 3.3.
 2. Menghubungkan kapasitor dengan sistem tomografi seperti tampak pada Gambar. 3.4.
 3. Mengukur beda potensial antar pelat kapasitor yang terbaca pada avometer.
 4. Mengulang langkah 1-2 dengan 10 kali pengulangan.
 5. Mengulang langkah 1-3 untuk bahan dielektrik yang berbeda.
- d. Menghitung besarnya muatan induksi untuk masing-masing bahan dielektrik dengan langkah-langkah sebagai berikut :
1. Menghitung luas pelat kapasitor dengan rumus :

$$A = p \times l \quad (3.2)$$

Keterangan : A = luas pelat kapasitor (m^2)

p = panjang pelat kapasitor (m)

l = lebar pelat kapasitor (m)

2. Menghitung kuat medan induksi dengan rumus :

$$E = \frac{V}{d} \quad (3.3)$$

Keterangan : E = kuat medan listrik (Vm^{-1})
 d = jarak antar pelat kapasitor (m)
 V = beda potensial (V)

3. Menghitung rapat muatan induksi dengan rumus :

$$\sigma_1 = X_e E \quad \text{dimana } X_e = \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 \right) = (K_e - 1) \quad (3.4)$$

Keterangan : σ_1 = rapat muatan induksi (Cm^{-2})
 X_e = susceptibilitas (Fm^{-1})
 E = kuat medan listrik (Vm^{-1})
 ϵ = permitivitas bahan
 ϵ_0 = permitivitas vakum ($8,85 \cdot 10^{-12} \text{Fm}^{-1}$)
 K_e = koefisien dielektrik

4. Menghitung muatan induksi dengan rumus :

$$q_1 = \sigma_1 A \quad (3.5)$$

Keterangan : q_1 = muatan induksi (C)
 σ_1 = rapat muatan induksi (Cm^{-2})
 A = luas pelat kapasitor (m^2)

3.5 Data Eksperimen

Data pengamatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.3 : Contoh Tabel Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Udara.

No.	V (volt)	A (m ²)	E (Vm ⁻¹)	σ_i (Cm ⁻²)	q _i (C)
1.					
2.					
.					
.					
10.					

Tabel 3.4 : Contoh Tabel Perhitungan Muatan Induksi Pada Dielektrik Kertas, Kuarsa, Benzena dan Belerang.

Koefisien Dielektrik :

No.	V (volt)	A (m ²)	E (Vm ⁻¹)	σ_i (Cm ⁻²)	q _i (C)
1.					
2.					
.					
.					
10.					

3.6 Analisa Data

Analisa data dilakukan untuk memberikan gambaran secara kuantitatif terhadap suatu pengukuran. Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

3.6.1 Analisa Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Untuk menganalisa permasalahan pertama yaitu mengetahui adanya perbedaan muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor (berisi udara) d beri dielektrik yang berbeda maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$t' = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (3.6)$$

Keterangan :

X_1 : rata-rata perhitungan muatan induksi pada dielektrik kertas, kuarsa, benzena dan belerang.

X_2 : rata-rata perhitungan muatan induksi pada dielektrik udara.

S_1 : simpangan baku perhitungan muatan induksi pada X_1

S_2 : simpangan baku perhitungan muatan induksi pada X_2

n_1 : banyaknya perhitungan muatan induksi pada X_1

n_2 : banyaknya perhitungan muatan induksi pada X_2

dalam hal ini
$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (3.7)$$

Kriteria pengujian = terima H_0 jika :

$$- \frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} < t' < \frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} \quad (3.8)$$

dengan
$$w_1 = \frac{S_1^2}{n_1} \quad w_2 = \frac{S_2^2}{n_2}$$

$$t_1 = t(1-1/2\alpha)(n_1-1) \quad t_2 = t(1-1/2\alpha)(n_2-1)$$

$w_1 = w_2$: simpangan baku rata-rata

$t_1 = t_2$: harga t pada tabel

(Sudjana, 1992 : 241).

3.6.2 Analisis Regresi Linier

Untuk menganalisa permasalahan kedua yaitu mengetahui pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan sistem tomografi pada kapasitor keping sejajar maka digunakan metode statistik sebagai berikut :

Data perubahan beda potensial dan hasil perhitungan muatan induksi untuk masing-masing dielektrik disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Bentuk persamaan garis linier adalah

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X \quad (3.9)$$

Besarnya nilai b_0 dan b_1 adalah :

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \quad (3.10)$$

$$b_1 = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (3.11)$$

Keterangan : \hat{Y} = tafsiran nilai Y

b_0 = jarak titik asal 0 dengan perpotongan antara sumbu tengah Y dan garis fungsi linier atau besarnya nilai Y kalau $X=0$

b_1 = koefisien regresi = besarnya pengaruh nilai X terhadap Y

X = beda potensial

Y = muatan induksi

n = jumlah data

Sidik ragam regresi merupakan pengujian terhadap nilai-nilai koefisien regresi.

Tabel 3.5 Sidik Ragam Regresi

Sumber	Derajat Kebebasan	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F_{hitung}	$F_{tabel 0,01}$
Regresi	$p - 1$	JKR	KTR	$\frac{KTR}{KTS}$	
Sisa	$n - p$	JKS	KTS		
Total	$n - 1$				

Keterangan : $JKT = \text{Jumlah kuadrat total} = \sum y^2$

$JKR = \text{Jumlah kuadrat regresi} = b \cdot \sum xy$

$JKS = \text{Jumlah kuadrat sisa} = JKT - JKR$

$KTR = \text{Kuadrat tengah regresi} = \frac{JKR}{p-1}$

$KTS = \text{Kuadrat tengah sisa} = \frac{JKS}{n-p}$

Untuk memperkuat hasil analisis, diperlukan pengujian lebih lanjut yaitu menentukan koefisien determinasi dan koefisien korelasi. Besar koefisien determinasi dapat dihitung dengan rumus :

$$r^2 = \frac{JKR}{JKT} \quad (3.12)$$

Untuk koefisien korelasi digunakan rumus :

$$r = \sqrt{\frac{JKR}{JKT}} \quad (3.13)$$

Keterangan : $JKT = \text{jumlah kuadrat total} = \sum y^2 = (\sum Y^2) - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$

$$JKR = \text{jumlah kuadrat regresi} = b \sum XY = b \left[\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \right]$$

Koefisien determinasi menyatakan besarnya derajat keterandalan model yaitu besarnya variabel Y yang dapat diterangkan menurut persamaan yang diperoleh. Nilainya berkisar antara 0 sampai dengan 1. Koefisien korelasi menyatakan besarnya derajat keeratan hubungan antar variabel yang nilainya berkisar antara -1 sampai dengan 1 (Santoso, 1992 : 12-14).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ada perbedaan besar muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor (berisi udara) diberi dielektrik yang berbeda.
2. Perubahan dielektrik (beda potensial) berpengaruh terhadap besarnya muatan induksi, dimana penyisipan dielektrik yang berbeda menyebabkan perbedaan beda potensial di antara pelat kapasitor, sehingga terjadi perubahan terhadap muatan induksi yang timbul pada permukaan dielektrik.

5.2 Saran

Hasil penelitian hendaknya dapat dijadikan acuan untuk melakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan memperhatikan ada tidaknya faktor-faktor lain yang mempengaruhi serta pengembangan penelitian untuk bahan dielektrik yang lain, untuk mendapatkan hubungan yang lebih luas lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- Arko A, Waterfall R.C and Beck M.S.' 1999. *Development of Electrical Capacitance Tomography for Solids Mass Flow Measurement and Control of Pneumatic Conveying System*. 1st World Congress on Industrial Process Tomography, April 14-17.
- Chatthopadhyay, D. 1989. *Dasar Elektronika*. UI-Press. Jakarta.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Jilid 2 Edisi 5*. Erlangga. Jakarta.
- Halliday, D dan R, Resnick. 1997. *Fisika Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Malvino. 1995. *Prinsip-prinsip Elektronika Jilid 1 Edisi Ke-2*. Erlangga. Jakarta.
- Robert, F. 1983. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier Edisi Ke-2*. Erlangga. Jakarta.
- Santoso Ratno, D. 1992. *Analisis Regresi*. Andi Offset Yogyakarta.
- Sedra, Adel, S. 1990. *Rangkaian Mikroelektronik Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Silaban, P. 1992. *Dasar-dasar Elektronika*. ITB. Bandung
- Soeharto. 1992. *Fisika Dasar II Untuk Listrik dan Magnet*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sudjana. 1992. *Metode Statistika*. Tarsito. Bandung
- Supriadi, Bambang. 1996. *Fisika Dasar II Seri Medan Listrik dan Potensial Listrik*. FKIP Universitas Jember Depdikbud RI Jember.
- Sutrisno. 1983. *Fisika Dasar Listrik, Magnet dan Termodinamika*. ITB. Bandung.
- . 1986. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. ITB. Bandung.
- Tobing, D.L. 1996. *Fisika Dasar I*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Weidner Richard T and Sells Robert L. 1965. *Elementary Classical Physics*. Allyn and Bacon. Boston
- Wollard, G Barry. 2002. *Elektronika Praktis*. Pradnya Paramita. Jakarta
- Zemansky, M.W dan Sears, F.M. 1994. *Fisika Universitas 2 Listrik Magnet*. Binacipta. Jakarta.

MATRIK PENELITIAN

Judul	Permasalahan	Variabe	Indikator	Sumber Data	Metode Penelitian
Sistem Tomografi Dalam Pengukuran Perubahan Dielektrik Terhadap Muatan induksi Pada Kapasitor Keping Sejajar	<p>1. Adakah perbedaan besarnya muatan induksi saat ruang antar pelat kapasitor (berisi udara) diberi dielektrik yang berbeda ?</p> <p>2. Adakah pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi dengan sistem tomografi pada kapasitor keping sejajar ?</p>	<p>1. Bebas :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dielektrik - Beda potensial <p>2. Terikat :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Muatan induksi 	<p>1. Dielektrik</p> <p>2. Beda potensial</p>	<p>1. Data eksperimen</p> <p>2. Keputakaan</p>	<p>1. Mengukur beda potensial masing-masing dielektrik Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel.</p> <p>2. Menghitung besarnya muatan induksi dengan rumus :</p> <p>a. $A = p \times l$</p> <p>b. $E = \frac{V}{d}$</p> <p>c. $Q_2 = X_2 E$; dimana $X_2 = (e / \epsilon_0 - 1) = (K_2 - 1)$</p> <p>d. $q = Q_2 A$</p> <p>3. Analisis Uji Kesamaan Dua Rata-rata</p> $t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$ <p>4. Analisis Regresi Linier</p> <p>Data perubahan beda potensial dan perhitungan muatan induksi untuk masing-masing dielektrik disajikan dalam bentuk grafik.</p> <p>a. Persamaan regresi linier</p> $\hat{Y} = b_0 + b_1 X$ <p>b. Koefisien determinasi dan koefisien korelasi</p> $r = \frac{\sqrt{JKR}}{\sqrt{JKT}}$ $r^2 = \frac{JKR}{JKT}$

Lampiran 2

PERHITUNGAN MUATAN INDUKSI (q_i)

1. Penentuan koefisien dielektrik melalui eksperimen dengan persamaan 2.10:

$$K_e = \frac{V_0}{V_d}$$

Tabel Lampiran 2.1 : Tabel Perhitungan Koefisien Dielektrik Melalui Eksperimen

No.	V_0	Kertas		Kuarsa		Benzena		Belerang	
		V_d	K_e	V_d	K_e	V_d	K_e	V_d	K_e
1.	4,85	1,52	3,19	1,38	3,51	2,32	2,08	1,32	3,67
2.	4,93	1,52	3,18	1,38	3,5	2,32	2,08	1,32	3,66
3.	4,81	1,5	3,21	1,36	3,54	2,3	2,09	1,3	3,7
4.	4,78	1,49	3,2	1,35	3,54	2,28	2,1	1,29	3,7
5.	4,76	1,48	3,22	1,34	3,55	2,26	2,12	1,28	3,72
6.	4,76	1,46	3,26	1,33	3,58	2,25	2,1	1,28	3,72
7.	4,75	1,45	3,27	1,32	3,6	2,22	2,14	1,26	3,76
8.	4,72	1,42	3,32	1,31	3,6	2,21	2,13	1,24	3,81
9.	4,72	1,41	3,34	1,31	3,6	2,19	2,15	1,23	3,83
10.	4,7	1,41	3,33	1,3	3,62	2,19	2,15	1,22	3,85
		$K_e = 3,24$		$K_e = 3,56$		$K_e = 2,12$		$K_e = 3,74$	

2. Perhitungan muatan induksi dielektrik udara dengan persamaan 2.24 :

$$q_i = X_e A \frac{V}{d} \quad \text{dimana } X_e = \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 \right) = (K_e - 1)$$

$$q_i = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{3,86}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000145 \text{ C}$$

$$q_i = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{4,11}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000155 \text{ C}$$

$$q_i = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{4,35}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000164 \text{ C}$$

$$q_1 = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{4,5}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000170 \text{ C}$$

$$q_1 = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{4,67}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000176 \text{ C}$$

$$q_1 = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{4,8}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000180 \text{ C}$$

$$q_1 = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{4,94}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000187 \text{ C}$$

$$q_1 = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{5,18}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000196 \text{ C}$$

$$q_1 = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{5,31}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000200 \text{ C}$$

$$q_1 = 5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{5,54}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,000210 \text{ C}$$

3. Perhitungan muatan induksi dielektrik kertas, kuarsa, benzena, belerang dengan persamaan 2,24 :

$$q_i = X_e \Lambda \frac{V}{d} \quad \text{dimana} \quad X_e = \left(\frac{\epsilon}{\epsilon_0} - 1 \right) = (K_e - 1)$$

- a. Dielektrik Kertas dengan $K_e = 3,24$

$$q_1 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,51}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,079 \text{ C} \quad q_2 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,60}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,094 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,52}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,082 \text{ C} \quad q_2 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,61}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,096 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,54}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,085 \text{ C} \quad q_2 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,64}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,1 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,56}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,089 \text{ C} \quad q_2 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,64}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,1 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,57}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,09 \text{ C} \quad q_2 = 2,24 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,65}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,102 \text{ C}$$

- b. Dielektrik Kuarsa dengan $K_e = 3,56$

$$q_1 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,3}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,053 \text{ C} \quad q_2 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,41}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,073 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,31}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,057 \text{ C} \quad q_2 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,41}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,077 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,35}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,062 \text{ C} \quad q_2 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,43}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,077 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,36}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,065 \text{ C} \quad q_2 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,45}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,082 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,38}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,068 \text{ C} \quad q_2 = 2,56 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,49}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,087 \text{ C}$$

c. Dielektrik Benzena dengan $K_e = 2,12$

$$q_1 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,87}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,068 \text{ C} \quad q_2 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,93}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,073 \text{ C}$$

$$q_1 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,87}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,068 \text{ C} \quad q_2 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,95}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,074 \text{ C}$$

$$q_1 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,88}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,069 \text{ C} \quad q_2 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,96}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,075 \text{ C}$$

$$q_1 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,9}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,071 \text{ C} \quad q_2 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,98}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,077 \text{ C}$$

$$q_1 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,92}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,072 \text{ C} \quad q_2 = 1,12 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{1,01}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,08 \text{ C}$$

d. Dielektrik Belerang dengan $K_e = 3,74$

$$q_1 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,15}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,028 \text{ C} \quad q_2 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,24}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,046 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,17}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,033 \text{ C} \quad q_2 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,25}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,048 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,18}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,035 \text{ C} \quad q_2 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,26}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,05 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,21}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,04 \text{ C} \quad q_2 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,26}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,05 \text{ C}$$

$$q_1 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,22}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,042 \text{ C} \quad q_2 = 2,74 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \frac{0,28}{2 \cdot 10^{-2}} = 0,054 \text{ C}$$

Lampiran 3

PERHITUNGAN ANALISIS HASIL PERCOBAAN

1. Analisis Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Rumus yang digunakan yaitu :

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$w_1 = \frac{S_1^2}{n_1} \quad w_2 = \frac{S_2^2}{n_2}$$

$$t_1 = t(1-1/2\alpha) (n_1-1)$$

$$t_2 = t(1-1/2\alpha) (n_2-1)$$

a. Dielektrik Kertas

Tabel Lampiran 3.1: Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Kertas

No.	X_1	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	X_2	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
1.	0,079	$1,5876 \cdot 10^{-4}$	0,000146	$1,00 \cdot 10^{-9}$
2.	0,082	$9,216 \cdot 10^{-5}$	0,000155	$5,29 \cdot 10^{-10}$
3.	0,085	$4,356 \cdot 10^{-5}$	0,000164	$1,96 \cdot 10^{-10}$
4.	0,088	$1,296 \cdot 10^{-5}$	0,000170	$6,40 \cdot 10^{-11}$
5.	0,090	$2,560 \cdot 10^{-6}$	0,000176	$4,00 \cdot 10^{-12}$
6.	0,094	$5,760 \cdot 10^{-6}$	0,000180	$4,10 \cdot 10^{-12}$
7.	0,096	$1,936 \cdot 10^{-5}$	0,000187	$8,00 \cdot 10^{-11}$
8.	0,100	$7,056 \cdot 10^{-5}$	0,000196	$3,24 \cdot 10^{-10}$
9.	0,100	$7,056 \cdot 10^{-5}$	0,000200	$4,84 \cdot 10^{-10}$
10.	0,102	$1,0816 \cdot 10^{-4}$	0,000210	$1,00 \cdot 10^{-9}$
	$\bar{X}_1 = 0,00916$	$5,844 \cdot 10^{-4}$	$\bar{X}_2 = 0,000178$	$3,686 \cdot 10^{-9}$

$$S_1^2 = \frac{3,844 \cdot 10^{-4}}{10-1} = 6,493 \cdot 10^{-5} \quad S_2^2 = \frac{3,686 \cdot 10^{-9}}{10-1} = 4,095 \cdot 10^{-10}$$

$$w_1 = \frac{6,493 \cdot 10^{-5}}{10} = 6,493 \cdot 10^{-6} \quad w_2 = \frac{4,905 \cdot 10^{-11}}{10} = 4,905 \cdot 10^{-11}$$

$$t_1 = t_2 = t(1-1/2, 0,05) (10-1) = t(0,995) (9)$$

$$\frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} = \frac{6,493 \cdot 10^{-6} \cdot 3,25 + 4,905 \cdot 10^{-11} \cdot 3,25}{6,493 \cdot 10^{-6} + 4,905 \cdot 10^{-11}} = 3,25$$

$$t = \frac{0,0916 - 0,000178}{\sqrt{6,493 \cdot 10^{-6} + 4,905 \cdot 10^{-11}}} = 35,98$$

b. Dielektrik Kuarsa

Tabel Lampiran 3.2: Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Kuarsa

No.	X_1	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	X_2	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
1.	0,053	$2,9241 \cdot 10^{-4}$	0,000146	$1,00 \cdot 10^{-7}$
2.	0,057	$1,7161 \cdot 10^{-3}$	0,000155	$5,29 \cdot 10^{-10}$
3.	0,062	$6,561 \cdot 10^{-5}$	0,000164	$1,96 \cdot 10^{-10}$
4.	0,065	$2,061 \cdot 10^{-5}$	0,000170	$6,40 \cdot 10^{-11}$
5.	0,068	$4,410 \cdot 10^{-6}$	0,000176	$4,00 \cdot 10^{-12}$
6.	0,073	$8,410 \cdot 10^{-6}$	0,000180	$4,10 \cdot 10^{-12}$
7.	0,077	$4,761 \cdot 10^{-5}$	0,000187	$8,00 \cdot 10^{-11}$
8.	0,077	$4,761 \cdot 10^{-5}$	0,000196	$3,24 \cdot 10^{-10}$
9.	0,082	$1,4161 \cdot 10^{-5}$	0,000200	$4,84 \cdot 10^{-10}$
10	0,087	$2,8561 \cdot 10^{-4}$	0,000210	$1,00 \cdot 10^{-9}$
	$\bar{X}_1 = 0,0701$	$1,0909 \cdot 10^{-4}$	$\bar{X}_2 = 0,000178$	$3,686 \cdot 10^{-9}$

$$S_1^2 = \frac{1,0909 \cdot 10^{-4}}{10-1} = 1,2121 \cdot 10^{-5} \quad S_2^2 = \frac{3,686 \cdot 10^{-9}}{10-1} = 4,095 \cdot 10^{-10}$$

$$w_1 = \frac{1,2121 \cdot 10^{-5}}{10} = 1,2121 \cdot 10^{-6} \quad w_2 = \frac{4,905 \cdot 10^{-11}}{10} = 4,905 \cdot 10^{-11}$$

$$t_1 = t_2 = t(1-1/2, 0,05) (10-1) = t(0,995) (9)$$

$$\frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} = \frac{1,2121 \cdot 10^{-6} \cdot 3,25 + 4,905 \cdot 10^{-11} \cdot 3,25}{1,2121 \cdot 10^{-6} + 4,905 \cdot 10^{-11}} = 3,25$$

$$t' = \frac{0,0701 - 0,000178}{\sqrt{1,2121 \cdot 10^{-6} + 4,905 \cdot 10^{-11}}} = 63,54$$

c. Dielektrik Benzena

Tabel Lampiran 3.3 : Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Benzena

No.	X_1	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	X_2	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
1.	0,068	$2,209 \cdot 10^{-5}$	0,000146	$1,00 \cdot 10^{-9}$
2.	0,068	$2,209 \cdot 10^{-5}$	0,000155	$5,29 \cdot 10^{-10}$
3.	0,069	$1,369 \cdot 10^{-5}$	0,000164	$1,96 \cdot 10^{-10}$
4.	0,071	$2,89 \cdot 10^{-6}$	0,000170	$6,40 \cdot 10^{-11}$
5.	0,072	$4,90 \cdot 10^{-7}$	0,000176	$4,00 \cdot 10^{-12}$
6.	0,073	$9,00 \cdot 10^{-8}$	0,000180	$4,10 \cdot 10^{-12}$
7.	0,074	$1,69 \cdot 10^{-6}$	0,000187	$8,00 \cdot 10^{-11}$
8.	0,075	$5,29 \cdot 10^{-6}$	0,000196	$3,24 \cdot 10^{-10}$
9.	0,077	$1,849 \cdot 10^{-5}$	0,000200	$4,84 \cdot 10^{-10}$
10.	0,078	$2,809 \cdot 10^{-5}$	0,000210	$1,00 \cdot 10^{-9}$
	$\bar{X}_1 = 0,0727$	$1,149 \cdot 10^{-4}$	$\bar{X}_2 = 0,000178$	$3,686 \cdot 10^{-9}$

$$S_1^2 = \frac{1,149 \cdot 10^{-4}}{10-1} = 1,277 \cdot 10^{-5} \quad S_2^2 = \frac{3,686 \cdot 10^{-9}}{10-1} = 4,095 \cdot 10^{-10}$$

$$w_1 = \frac{1,277 \cdot 10^{-5}}{10} = 1,277 \cdot 10^{-6} \quad w_2 = \frac{4,095 \cdot 10^{-10}}{10} = 4,095 \cdot 10^{-11}$$

$$t_1 = t_2 = t(1-1/2, 0,05; (10-1)) = t(0,995) (9)$$

$$\frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} = \frac{1,277 \cdot 10^{-6} \cdot 3,25 + 4,095 \cdot 10^{-11} \cdot 3,25}{1,277 \cdot 10^{-6} + 4,095 \cdot 10^{-11}} = 3,25$$

$$t' = \frac{0,0727 - 0,000178}{\sqrt{1,277 \cdot 10^{-6} + 4,095 \cdot 10^{-11}}} = 65,3$$

d. Dielektrik Belerang

Tabel Lampiran 3.4 : Tabel Perhitungan Uji Kesamaan Dua Rata-rata pada Dielektrik Belerang

No.	X_1	$(X_1 - \bar{X}_1)^2$	X_2	$(X_2 - \bar{X}_2)^2$
1.	0,028	$1,8496 \cdot 10^{-4}$	0,000146	$1,00 \cdot 10^{-9}$
2.	0,033	$7,396 \cdot 10^{-5}$	0,000155	$5,29 \cdot 10^{-10}$
3.	0,035	$4,356 \cdot 10^{-5}$	0,000164	$1,96 \cdot 10^{-10}$
4.	0,040	$2,560 \cdot 10^{-6}$	0,000170	$5,40 \cdot 10^{-11}$
5.	0,042	$1,600 \cdot 10^{-7}$	0,000176	$4,00 \cdot 10^{-12}$
6.	0,046	$1,936 \cdot 10^{-5}$	0,000180	$4,10 \cdot 10^{-12}$
7.	0,048	$4,096 \cdot 10^{-5}$	0,000187	$8,00 \cdot 10^{-11}$
8.	0,054	$1,5376 \cdot 10^{-3}$	0,000196	$3,24 \cdot 10^{-10}$
9.	0,059	$3,0276 \cdot 10^{-5}$	0,000200	$4,84 \cdot 10^{-10}$
10.	0,067	$4,5616 \cdot 10^{-4}$	0,000210	$1,00 \cdot 10^{-9}$
	$\bar{X}_1 = 0,0416$	$1,4645 \cdot 10^{-4}$	$\bar{X}_2 = 0,000178$	$3,686 \cdot 10^{-10}$

$$S_1^2 = \frac{1,4645 \cdot 10^{-4}}{10-1} = 1,627 \cdot 10^{-5} \quad S_2^2 = \frac{3,686 \cdot 10^{-10}}{10-1} = 4,095 \cdot 10^{-10}$$

$$w_1 = \frac{1,627 \cdot 10^{-5}}{10} = 1,627 \cdot 10^{-6} \quad w_2 = \frac{4,095 \cdot 10^{-10}}{10} = 4,095 \cdot 10^{-11}$$

$$t_1 = t_2 = t(1-1/2, 0,05; (10-1)) = t(0,975) (9)$$

$$\frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2} = \frac{1,627 \cdot 10^{-6} \cdot 3,25 + 4,095 \cdot 10^{-11} \cdot 3,25}{1,627 \cdot 10^{-6} + 4,095 \cdot 10^{-11}} = 3,25$$

$$t' = \frac{0,0416 - 0,000178}{\sqrt{1,627 \cdot 10^{-6} + 4,095 \cdot 10^{-11}}} = 34,5$$

2. Persamaan Regresi Linier

Rumus yang digunakan :

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

$$b_1 = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

a. Koefisien Dielektrik Hasil Eksperimen

Tabel Lampiran 3.5: Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Kertas

No.	X	Y	XY	X ²	Y ²
1.	0,51	0,079	0,040	0,26	0,00624
2.	0,52	0,082	0,043	0,27	0,00672
3.	0,54	0,085	0,046	0,29	0,00723
4.	0,56	0,088	0,049	0,31	0,00774
5.	0,57	0,090	0,051	0,32	0,00810
6.	0,60	0,094	0,056	0,36	0,00884
7.	0,61	0,096	0,059	0,37	0,00922
8.	0,64	0,010	0,064	0,40	0,01000
9.	0,64	0,010	0,064	0,40	0,01000
10.	0,65	0,0102	0,066	0,42	0,01040
Jumlah	5,3	0,916	0,538	3,4	0,0845
Rata-rata	0,53	0,0916			

$$b_0 = 0,088$$

$$b_1 = 0,045$$

Tabel Lampiran 3.6 : Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Kuarsa

No.	X	Y	XY	X ²	Y ²
1.	0,30	0,053	0,0159	0,090	0,00281
2.	0,32	0,057	0,0182	0,102	0,00325
3.	0,35	0,062	0,0217	0,123	0,00384
4.	0,36	0,065	0,0234	0,130	0,00422
5.	0,38	0,068	0,0258	0,144	0,00462
6.	0,41	0,073	0,0299	0,168	0,00533
7.	0,43	0,077	0,0331	0,185	0,00593
8.	0,43	0,077	0,0331	0,185	0,00593
9.	0,46	0,082	0,0377	0,212	0,00672
10.	0,49	0,087	0,0426	0,424	0,00757
Jumlah	3,93	0,701	0,2814	1,58	0,0502
Rata-rata	0,393	0,0701			

$$b_0 = 0,011$$

$$b_1 = 0,15$$

Tabel Lampiran 3.7: Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Benzona

No.	X	Y	XY	X ²	Y ²
1.	0,87	0,068	0,0591	0,76	0,00462
2.	0,87	0,068	0,0591	0,76	0,00462
3.	0,88	0,069	0,0607	0,77	0,00476
4.	0,9	0,071	0,0639	0,81	0,00504
5.	0,92	0,072	0,0662	0,85	0,00518
6.	0,93	0,073	0,0678	0,86	0,00533
7.	0,95	0,074	0,0703	0,90	0,00548
8.	0,96	0,075	0,0720	0,92	0,00562
9.	0,98	0,077	0,0750	0,96	0,00593
10.	1,01	0,080	0,0808	1,02	0,00640
Jumlah	9,27	0,727	0,675	8,61	0,0529
Rata-rata	0,927	0,0727			

$$b_0 = 0,026$$

$$b_1 = 0,058$$

Tabel Lampiran 3.8: Tabel Perhitungan Nilai X dan Y pada Dielektrik Belerang

No.	X	Y	XY	X ²	Y ²
1.	0,15	0,028	0,0042	0,0225	0,000784
2.	0,17	0,033	0,0056	0,0289	0,001089
3.	0,18	0,035	0,0063	0,0324	0,001225
4.	0,21	0,040	0,0084	0,0441	0,001600
5.	0,22	0,042	0,0092	0,0484	0,001764
6.	0,24	0,046	0,0110	0,0576	0,002116
7.	0,25	0,048	0,0120	0,0625	0,002304
8.	0,28	0,054	0,0150	0,0784	0,002916
9.	0,31	0,059	0,0180	0,0961	0,003481
10.	0,35	0,067	0,0230	0,1225	0,004489
Jumlah	2,36	0,416	0,1127	0,593	0,0209
Rata-rata	0,236	0,0416			

$$b_0 = 0,0065$$

$$b_1 = 0,216$$

3. Sidik Ragam Regresi

Rumus yang digunakan antara lain :

$$JKT = \text{jumlah kuadrat total} = \sum y^2 = (\sum Y^2) - \frac{(\sum Yf)^2}{n}$$

$$JKR = \text{jumlah kuadrat regresi} = b_1 \sum XY = b_1 \left[\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \right]$$

$$JKS = \text{Jumlah kuadrat sisa} = JKT - JKR$$

$$KTR = \text{Kuadrat tengah regresi} = \frac{JKR}{p-1}$$

$$KTS = \text{Kuadrat tengah sisa} = \frac{JKS}{n-p}$$

$$F_{hitung} = \frac{KTR}{KTS}$$

$$r^2 = \frac{JKR}{JKT} \quad r = \sqrt{\frac{JKR}{JKT}}$$

1. Koefisien Dielektrik Hasil Eksperimen

a. Dielektrik Kertas

$$JKT = 0,0845 - \frac{(0,916)^2}{10} = 0,00594$$

$$JKR = 0,088 \left\{ 0,538 - \frac{(5,3)(0,916)}{10} \right\} = 0,00466$$

$$JKS = 0,00594 - 0,00466 = 0,00128$$

$$KTR = \frac{0,00466}{2-1} = 0,00466$$

$$KTS = \frac{0,00128}{10-2} = 1,6 \cdot 10^{-4}$$

$$F_{hitung} = \frac{0,00466}{1,6 \cdot 10^{-4}} = 29,125$$

$$r^2 = \frac{0,00466}{0,00594} = 0,78 \quad r = \sqrt{0,78} = 0,883$$

b. Dielektrik Kauran

$$JKT = 0,0502 - \frac{(0,701)^2}{10} = 0,0011$$

$$JKR = 0,15 \left\{ 0,2814 - \frac{(3,93)(0,701)}{10} \right\} = 0,0009$$

$$JKS = 0,0011 - 0,0009 = 0,0002$$

$$KTR = \frac{0,0009}{2-1} = 0,0009$$

$$KTS = \frac{0,0002}{10-2} = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,0009}{2,5 \cdot 10^{-5}} = 36$$

$$r^2 = \frac{0,0009}{0,0011} = 0,818 \quad r = \sqrt{0,818} = 0,904$$

c. Dielektrik Benzene

$$JKT = 0,0529 - \frac{(0,727)^2}{10} = 0,0001$$

$$JKR = 0,058 \left\{ 0,675 - \frac{(9,27)(0,727)}{10} \right\} = 0,0000638$$

$$JKS = 0,0001 - 0,0000638 = 0,0000362$$

$$KTR = \frac{0,000638}{2-1} = 0,000638$$

$$KTS = \frac{0,0000362}{10-2} = 4,525 \cdot 10^{-6}$$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,000638}{4,525 \cdot 10^{-6}} = 14,09$$

$$r^2 = \frac{0,0000638}{0,0001} = 0,638 \quad r = \sqrt{0,638} = 0,798$$

d. Dielektrik Belcrang

$$JKT = 0,0209 - \frac{(0,416)^2}{10} = 0,0036$$

$$JKR = 0,216 \left\{ 0,1127 - \frac{(2,36)(0,416)}{10} \right\} = 0,00315$$

$$JKS = 0,0036 - 0,00315 = 0,00045$$

$$KTR = \frac{0,00315}{2-1} = 0,00315$$

$$KTS = \frac{0,00045}{10-2} = 5,625 \cdot 10^{-5}$$

$$F_{hitung} = \frac{0,00315}{5,625 \cdot 10^{-5}} = 56$$

$$r^2 = \frac{0,00315}{0,0036} = 0,876 \quad r = \sqrt{0,81} = 0,935$$

Lampiran 4

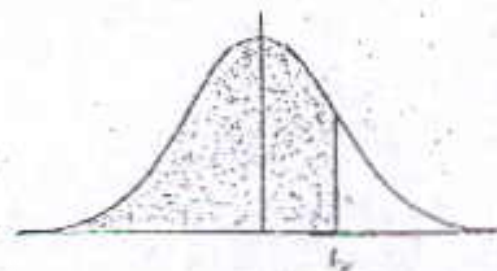
DAFTAR G

Nilai Perzentil

Untuk Distribusi t

 $V = df$

(Nilainya Dalam Bagian Daftar

Menyatakan t_p)

V	$t_{0.995}$	$t_{0.99}$	$t_{0.975}$	$t_{0.95}$	$t_{0.90}$	$t_{0.80}$	$t_{0.75}$	$t_{0.70}$	$t_{0.60}$	$t_{0.55}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.06	1.376	1.000	0.727	0.333	0.138
2	9.92	6.96	4.70	2.92	1.89	1.061	0.816	0.617	0.289	0.142
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.54	0.978	0.765	0.581	0.277	0.131
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	0.941	0.741	0.567	0.271	0.131
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48	0.920	0.727	0.559	0.267	0.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	0.906	0.718	0.553	0.265	0.131
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42	0.896	0.711	0.549	0.263	0.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	0.889	0.706	0.546	0.262	0.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	0.883	0.703	0.544	0.261	0.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	0.879	0.700	0.542	0.260	0.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	0.874	0.697	0.540	0.260	0.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.35	0.870	0.695	0.539	0.259	0.129
13	3.01	2.64	2.16	1.77	1.35	0.870	0.691	0.538	0.259	0.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	0.868	0.692	0.537	0.258	0.128
15	2.95	2.60	2.13	1.75	1.34	0.866	0.691	0.536	0.258	0.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	0.865	0.690	0.535	0.258	0.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	0.863	0.689	0.534	0.257	0.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	0.862	0.688	0.534	0.257	0.127
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33	0.861	0.688	0.533	0.257	0.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	0.860	0.687	0.533	0.257	0.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	0.859	0.686	0.532	0.257	0.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	0.858	0.686	0.532	0.256	0.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	0.858	0.685	0.532	0.256	0.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	0.857	0.685	0.531	0.256	0.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	0.856	0.684	0.531	0.256	0.127
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32	0.856	0.684	0.531	0.256	0.127
27	2.77	2.47	2.05	1.70	1.31	0.855	0.684	0.531	0.256	0.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	0.855	0.683	0.530	0.256	0.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	0.854	0.683	0.530	0.256	0.127
30	2.75	2.45	2.04	1.70	1.31	0.854	0.683	0.530	0.256	0.127
40	2.70	2.42	2.02	1.68	1.30	0.851	0.681	0.529	0.255	0.126
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	0.848	0.679	0.527	0.254	0.126
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	0.845	0.677	0.526	0.254	0.126
∞	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	0.842	0.674	0.524	0.253	0.126

Lampiran 5



B. 1

semu)

Operasi P

in Dalam Bahasa Inggris

Author: Fp : Data Atlas Untuk

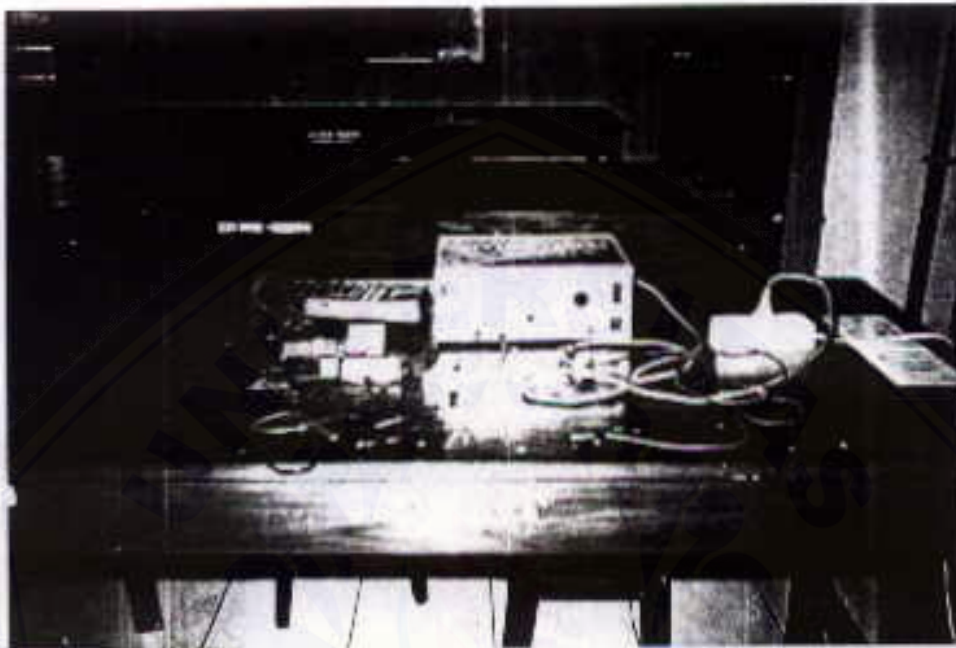
di dan Foris Bawah Untuk p = 0,01)

V. = dx pembilang

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500
1	200	216	221	226	231	237	241	243	244	244	245	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246	246
2	400	410	421	431	441	451	461	471	481	491	501	511	521	531	541	551	561	571	581	591	601	611
3	15,04	15,16	15,28	15,40	15,52	15,64	15,76	15,88	16,00	16,12	16,24	16,36	16,48	16,60	16,72	16,84	16,96	17,08	17,20	17,32	17,44	17,56
4	93,01	93,11	93,21	93,31	93,41	93,51	93,61	93,71	93,81	93,91	94,01	94,11	94,21	94,31	94,41	94,51	94,61	94,71	94,81	94,91	95,01	95,11
5	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	1,90	1,92	1,94
6	34,41	34,51	34,61	34,71	34,81	34,91	35,01	35,11	35,21	35,31	35,41	35,51	35,61	35,71	35,81	35,91	36,01	36,11	36,21	36,31	36,41	36,51
7	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4
8	14,06	14,16	14,26	14,36	14,46	14,56	14,66	14,76	14,86	14,96	15,06	15,16	15,26	15,36	15,46	15,56	15,66	15,76	15,86	15,96	16,06	16,16
9	2,31	2,32	2,33	2,34	2,35	2,36	2,37	2,38	2,39	2,40	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50	2,51	2,52
10	23,23	23,33	23,43	23,53	23,63	23,73	23,83	23,93	24,03	24,13	24,23	24,33	24,43	24,53	24,63	24,73	24,83	24,93	25,03	25,13	25,23	25,33
11	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,24	4,25	4,26	4,27	4,28	4,29	4,30	4,31	4,32	4,33	4,34	4,35
12	10,82	10,92	11,02	11,12	11,22	11,32	11,42	11,52	11,62	11,72	11,82	11,92	12,02	12,12	12,22	12,32	12,42	12,52	12,62	12,72	12,82	12,92
13	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89	1,90	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95
14	3,55	3,56	3,57	3,58	3,59	3,60	3,61	3,62	3,63	3,64	3,65	3,66	3,67	3,68	3,69	3,70	3,71	3,72	3,73	3,74	3,75	3,76
15	4,06	4,07	4,08	4,09	4,10	4,11	4,12	4,13	4,14	4,15	4,16	4,17	4,18	4,19	4,20	4,21	4,22	4,23	4,24	4,25	4,26	4,27
16	5,05	5,06	5,07	5,08	5,09	5,10	5,11	5,12	5,13	5,14	5,15	5,16	5,17	5,18	5,19	5,20	5,21	5,22	5,23	5,24	5,25	5,26
17	4,23	4,24	4,25	4,26	4,27	4,28	4,29	4,30	4,31	4,32	4,33	4,34	4,35	4,36	4,37	4,38	4,39	4,40	4,41	4,42	4,43	4,44
18	6,02	6,03	6,04	6,05	6,06	6,07	6,08	6,09	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,16	6,17	6,18	6,19	6,20	6,21	6,22	6,23

Lampiran 6

DOKUMENTASI KEGIATAN PENELITIAN



Gambar 1. Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian



Gambar 2. Peneliti melakukan penelitian untuk menentukan pengaruh perubahan dielektrik terhadap muatan induksi pada dielektrik belerang

Lampiran 7



Laboratorium Pendidikan Fisika
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Jl. Kalimantan III Gd. 3 Universitas Jember Tlp. (0331) 330738 Jember 68121

Permohonan Ijin Penelitian

Yang bertanda tangan di bawah ini mengajukan permohonan untuk mengadakan Penelitian Skripsi di Laboratorium Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember. Dan berjanji akan memenuhi segala peraturan yang berlaku di laboratorium.

Nama : Liza Fitria M
Nim : 000210102156
Jurusan / Program : P. MIPA / Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Perubahan Dielektrik Terhadap Muatan Induksi Dengan Sistem Tomografi Pada Kapasitor Keping Sejajar

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Pembangkit Isyarat AC
2. Multimeter Digital
3. Jangka Sorong
4. Kabel Penghubung

Demikian surat permohonan ijin penelitian ini, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan banyak terima kasih.

Jember, April 2005

Mengetahui,

Ketua Lab. Pend. Fisika

Dra. Sri Astutik, M. Si

NIP. 131 993 440

Peneliti

Liza Fitria M

Nim. 00-2156



UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
 Jl. Kalimantan III D Gd 3 Kampus Tegol Boto, kotak Pos 162 Telp./Fax (0331)334988 Jember.66121

FORMULIR PENGAJUAN JUDUL DAN PEMBIMBING SKRIPSI

Kepada Yth : Ketua Jurusan P MIPA
 FKIP Universitas Jember
 Di. Jember

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : PITRI
 NIM : 0802105102156
 Program Studi : P. MIPA

Sampai dengan semester 2011 saya sudah mengumpulkan sebanyak 147 SKS dengan Indeks Prestasi Kumulatif sebesar 2,8 (.....)

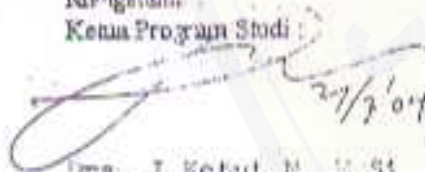
Bersama ini saya mengajukan usulan judul dan pembimbing skripsi sebagai berikut :

1. Judul Pengaruh Perubahan Dielektrik Terhadap Rangkaian Induksi Dengan Sistem Tomografi Pada Pembangkit Tenaga Listrik
2. Judul

Dengan dosen pembimbing I: Drs. G. Wicaksono, M.Pd. (13/11/2011)
 pembimbing II: Drs. H. Supriatno, M.Pd. (13/11/2011)

Demikian permohonan ini saya ajukan, atas kebijaksanaan yang telah Bapak/Ibu berikan saya ucapkan terima kasih.

Jember, 20 11 2011

Mengenalai
 Ketua Program Studi :

 Drs. I Ketut N., M.Si
 NIP. 131 577 294

Yang mengusulkan,

 Liza Murta
 NIM. 0802105102156

Menyetujui :
 Ketua Jurusan P. MIPA

 Drs. Singgih Bektiarso, M.Pd
 NIP. 131 577 294

Catatan :

- *) diisi dengan persetujuan Dosen Pembimbing Akademik.
- **) diisi atas persetujuan Ketua Program Studi dan selanjutnya mahasiswa mengkonsultasikan ke Dosen pembimbing untuk mendapatkan persetujuan.
 - dibuat rangkap tiga (satu lembar untuk Ketua Program, satu lembar untuk Jurusan dan satu lembar untuk mahasiswa).
 - judul skripsi yang diusulkan bisa direvisi/ diubah sesuai dengan kesepakatan diantara



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS JEMBER

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

Alamat : Jl. Kalimantan III/3 Kampus Tegalboto Kotak Pos 162

Telp./Fax (0331) 334988 Jember 68121

LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI

Nama : Liza Fitria M
 Nim/Angkatan : 000210102156 / 2000
 Jurusan/Prog. Studi : P. MIPA/ FISIKA
 Judul Skripsi : Pengaruh Perubahan Dielektrik Terhadap Muatan Induksi
 Dengan Sistem Tomografi Pada Kapasitor Keping Sejajar.
 Pembimbing I : Drs. Sri Handono BP, M. Si
 Pembimbing II :

KEGIATAN KONSULTASI

No.	Hari/Tanggal	Materi Konsultasi	T.T Pembimbing
1.	Jumat, 17-9-2004	Judul Skripsi	Drs. Sri Handono BP, M. Si
2.	Senin, 20-9-2004	Matrik Penelitian	
3.	Senin, 17-1-2005	Bab I	
4.	Rabu, 26-1-2005	Revisi bab I	
5.	Rabu, 2-2-2005	Bab II	
6.	Kamis, 17-2-2005	Revisi bab II	
7.	Selasa, 22-2-2005	Bab III	
8.	Kamis, 24-2-2005	Revisi bab III	
9.	Jumat, 29-4-2005	Bab IV, V	
10.	Rabu, 17-5-2005	Revisi bab IV, V	
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
18.			

Catatan :

1. Lembar ini harus dibawa dan diisi setiap melakukan konsultasi
2. Lembar ini harus dibawa sewaktu seminar proposal dan ujian skripsi



LEMBAR KONSULTASI PENYUSUNAN SKRIPSI

Nama : Liza Fitria M
 Nim/Angkatan : 000210102156 / 2000
 Jurusan/prog. Studi : P. MIPA/ FISIKA
 Judul Skripsi : Pengaruh Perubahan Dielektrik Terhadap Muatan Induksi Dengan Sistem Tomografi Pada Kapasitor Keping Sejajar.
 Pembimbing I :
 Pembimbing II : Drs. Bambang Supriadi, M. Sc



Unit UPT Perpustakaan
 UNIVERSITAS JEMBER

KEGIATAN KONSULTASI

No.	Hari/Tanggal	Materi Konsultasi	T.T Pembimbing
1.	Selasa, 13-10-2004	Judul Skripsi	
2.	Senin, 18-10-2004	Materi Penelitian	
3.	Senin, 24-10-2004	Bab 3	
4.	Jum'at, 28-10-2004	Revisi bab 3	
5.	Jum'at, 5-11-2004	Bab II	
6.	Sabtu, 8-1-2005	Revisi bab II	
7.	Senin, 10-1-2005	Bab III	
8.	Jum'at, 14-1-2005	Revisi bab III	
9.	Rabu, 20-4-2005	Bab IV, V	
10.	Jum'at, 27-4-2005	Bab IV, V	
11.			
12.			
13.			
14.			
15.			
16.			
17.			
18.			

Catatan :

1. Lembar ini harus dibawa dan diisi setiap melakukan konsultasi
2. Lembar ini harus dibawa sewaktu seminar proposal dan ujian skripsi