



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PENGARUH KANDUNGAN AIR BAHAN ISOLASI PALLYIMIDE TERHADAP TEGANGAN TEMBUS

SKRIPSI



SATRIA AZIZI
06175096

UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2012

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KANDUNGAN AIR BAHAN ISOLASI *POLYIMIDE*
TERHADAP TEGANGAN TEMBUS**

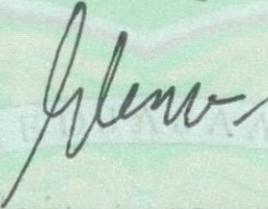
Oleh:

SATRIA AZIZI
NIM : 06175096

Lulus Sidang Tugas Akhir Tanggal : 24 April 2012

Disetujui Oleh :

Pembimbing :



EKA PUTRA WALDL, M. Eng

NIP : 197212201998051003

Kupersembahkan karya kecil ini kepada:

Ibunda "Adriati" dan ayahanda "Shahriil Bahar" tercinta

Doa tulus kepada ananda seperti air dan tak pernah berhenti yang terus mengalir, pengorbanan, motivasi, kesabaran, ketabahan dan tetes air matamu yang terlalu mustahil untuk dinisai, aku anakmu akan selalu berusaha membahagiakan

Kalian

Kakak-kakakku "Ibnur Pahlev", "Mahetsa Mukhtir" dan Adikku Tersayang "Besti Rghma Dini"

Kebersamaan, dukungan, doa, kasih sayang, dan perhatian kalian padaku akan selalu menjadi bagian dalam

hidupku.

Tukupilah Allah sebagai penolong kami, dan Allah sebaik-baik pelindung.

(Q.S. Ali 'Imran, 3: 173)

Mengapa harus cemas, mengapa harus takut, mengapa harus khawatir? Bukankah ada ALLAH yang menjadi penolong dan pelindung kita? Seperti yang dilakukan Rasulullah Muhammad dan para sahabatnya saat perang

Uhud dimana pasukan kafir sudah siap menyerang, perkataan yang keluar dari mereka adalah hasbunallah wa ni'mal wakill. Kita adalah makhluk lemah, kita tidak memiliki kekuatan, kekuatan hanya milik ALLAH yang maha kuat maka serahkanlah segala urusan kepada ALLAH. Karena siapa lagi yang mampu menolong dan

menjadi pelindung untuk segala urusan kita selain ALLAH.

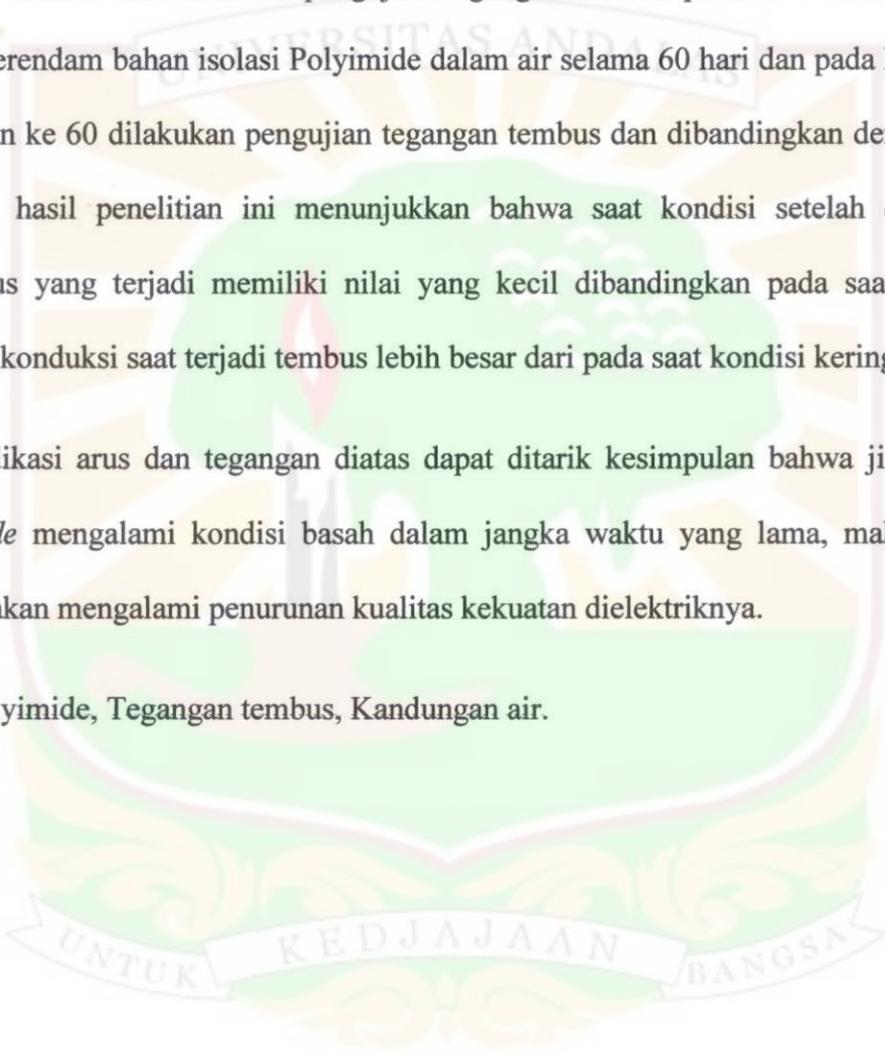
Abstrak

Untuk pengembangan penyaluran tenaga listrik diperlukan bahan isolasi yang tahan pada kondisi cuaca, terutama didaerah tropis yang memiliki curah hujan yang tinggi. Untuk itu diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kandungan air terhadap tegangan tembus.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tegangan tembus pada saat kondisi basah yaitu dengan merendam bahan isolasi Polyimide dalam air selama 60 hari dan pada hari ke 0, 2, 10, 15, 30 dan ke 60 dilakukan pengujian tegangan tembus dan dibandingkan dengan saat kondisi kering, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa saat kondisi setelah direndam tegangan tembus yang terjadi memiliki nilai yang kecil dibandingkan pada saat kondisi kering dan arus konduksi saat terjadi tembus lebih besar dari pada saat kondisi kering.

Dari indikasi arus dan tegangan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa jika bahan isolasi *polyimide* mengalami kondisi basah dalam jangka waktu yang lama, maka bahan bahan tersebut akan mengalami penurunan kualitas kekuatan dielektriknya.

Kata Kunci: Polyimide, Tegangan tembus, Kandungan air.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan ke kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengaruh Kandungan Air Bahan Isolasi *Polyimide* Terhadap Tegangan Tembus”. Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus diikuti sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana (Strata 1) di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Andalas.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis menerima bantuan, petunjuk dan bimbingan semua pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua penulis (Ayah) Thahril bahar dan (Ibu) Adriati tercinta, atas segala curahan kasih sayang, doa, perhatian, dan nasehat-nasehatnya, dan juga kepada kedua kakak Ibnur Pahlev dan Mahetsa Mukhti serta adik penulis Besti Rahmadini yang selalu memberi semangat.
2. Bapak Eka Putra Waldi, M.Eng selaku pembimbing Tugas Akhir yang sangat banyak meluangkan waktu untuk membimbing, mendidik dan membagi ilmu serta saran pada penulis selama ini.
3. Bapak Rahmadi Kurnia, DR.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas.
4. Staf dosen dan karyawan di Lingkungan Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Andalas.
5. Teman-teman seperjuangan Donny CH,ST , Rachmad Hidayat,ST , Renol Ardi,ST , Doni Agustria,ST, atas bantuan dan kebersamaan selama ini.

6. Teman-teman Gardu : Fadli (pak Kos), Duano (sanak wak) , Ivo Saputra (Popo), Frisky Yudhi (Byx), Rizky(gaban), yoandrew, Angguik(Heru), Tedok (SGM), Satria (Saik), Novrichandra Divia (Cander sanak ambo), Rifyal (Pemuda), Hafiz (bro), Alex, Aulia Rahim (Gaua Karitiang), Miko (Jagger), Yonggi (Pukwah), eko (pekok), yang menemani dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Teman-Teman Elektro “angkatan 06” atas kebersamaan dan kekompakannya selama ini.
8. Asisten dan kawan-kawan di HVL atas kerjasama, kebersamaan serta kritik dan saran yang membangun.
9. Semua pihak yang telah membantu memberikan dukungan moril maupun materil yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Usaha maksimal dalam penyusunan tugas akhir ini tidak luput dari kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kekhilafan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan, saran, dan kritik yang membangun dari pembaca untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan kita semua. Mudah-mudahan Allah SWT memberkati usaha yang telah kita lakukan, Amin.

Padang, Januari 2012

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Metodologi Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Isolasi Polimer.....	7
2.2 Polimer <i>Polyimide</i>	9
2.3 <i>Partial Discharge</i> dan Kegagalan Bahan Isolasi.....	12
2.3.1 Klasifikasi <i>Partial Discharge</i>	13
2.3.1.1 Internal Discharge.....	13
2.3.1.2 Surface Discharge.....	14
2.3.1.3 Corona Discharge.....	15

2.4	Penurunan Kualitas Isolasi	16
2.5	Mekanisme Kegagalan Isolasi Padat.....	16
2.6	Kekuatan Dielektrik.....	23
BAB III SISTEM PENGUKURAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		25
3.1	Pendahuluan.....	25
3.2	Peralatan dan Bahan.....	26
3.2.1	Power Supply Tegangan tinggi.....	26
3.2.2	Elektroda.....	26
3.2.3	Rangkaian Buffer.....	27
3.2.4	Osiloskop TDS 210.....	27
3.2.5	GPIB.....	27
3.2.6	Kabel Koaksial dan Konektor.....	28
3.2.7	Personal Computer (PC).....	28
3.3	Teknik Pengukuran.....	28
3.4	Pengolahan Data.....	29
BAB IV HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS.....		30
4.1	Kandungan air bahan isolasi <i>Polyimide</i>	30
4.2	Hasil Pengukuran Kekuatan Dielektrik dan Arus Konduksi.....	32
4.3	Hasil Pengukuran Tegangan Tembus.....	33
4.4	Kenaikan Arus Konduksi dan Kandungan Air Terhadap Lamanya Perendaman Bahan Isolasi <i>Polyimide</i>	34

BAB V PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

BAB II.

Gambar 2.1 Ikatan Kimia Polyimide.....	10
Gambar 2.2 (a)Konsep Dasar Internal Discharge.....	13
(b)Distribusi medan listrik pada void dan permukaan konduktor yang runcing.....	13
Gambar 2.3 Konsep dasar surface discharge.....	14
Gambar 2.4 Konsep dasar Corona discharge.....	15
Gambar 2.5 Karakteristik Kegagalan Bahan Isolasi.....	16
Gambar 2.6 Kegagalan Termal.....	19
Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen Kegagalan Isolasi Karena Erosi.....	21
Gambar 2.8 Bentuk Gelombang Kegagalan Isolasi Karena Erosi.....	21
Gambar 2.9 Medan Elektrik Dalam Dielektrik.....	23

BAB III

Gambar 3.1 Susunan Elektroda Bola – Plat.....	26
Gambar 3.2 Susunan Elektroda Plat – Plat.....	27
Gambar 3.2 Sistem Pengukuran.....	28

BAB IV

Gambar 4.1 Grafik Kandungan Air Bahan Isolasi <i>Polyimide</i> Terhadap Waktu	31
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Arus Konduksi dan Kekuatan Dielektrik Terhadap Kondisi Kering dan Setelah Direndam Saat	33
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Tegangan Tembus Saat Kondisi Kering dan Setelah Direndam.....	34
Gambar 4.4 Grafik Kenaikan Arus Terhadap Lamanya Waktu Perendaman.....	35

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Letak pusat pembangkit daya listrik yang seringkali berjauhan dari pusat beban memerlukan sarana transportasi energi listrik, yang dikenal sebagai penyaluran tenaga listrik atau transmisi daya listrik.

Pengiriman energi listrik dalam jumlah besar dilakukan dengan menggunakan saluran tegangan tinggi atau ekstra tinggi. Isolasi adalah salah satu faktor yang sangat penting, karena dengan isolasi yang baik maka keandalan dan keamanan transmisi daya listrik dapat dicapai. Banyak jenis bahan isolasi yang telah digunakan, diantaranya pada tahun 1893 di London telah digunakan kabel transmisi bawah tanah 10 kV dengan isolasi kertas. Kemudian pada tahun 1911 kabel isolasi kertas yang diserapi minyak (*oil impregnated paper*) dengan tegangan 60 kV digunakan di Jerman. Sekitar tahun 1917 kabel yang terisi minyak/*oil filled cable* (OF) digunakan di Italy. Kabel OF telah digunakan dalam sistem transmisi bawah tanah lebih dari $\frac{1}{2}$ abad. Namun, kabel OF mempunyai banyak kelemahan diantaranya; rugi-rugi dielektrik yang tinggi, ketahanan terhadap api yang rendah, sulit dan perlu biaya mahal dalam pembuatan, penyambungan, dan terminasinya^[8].

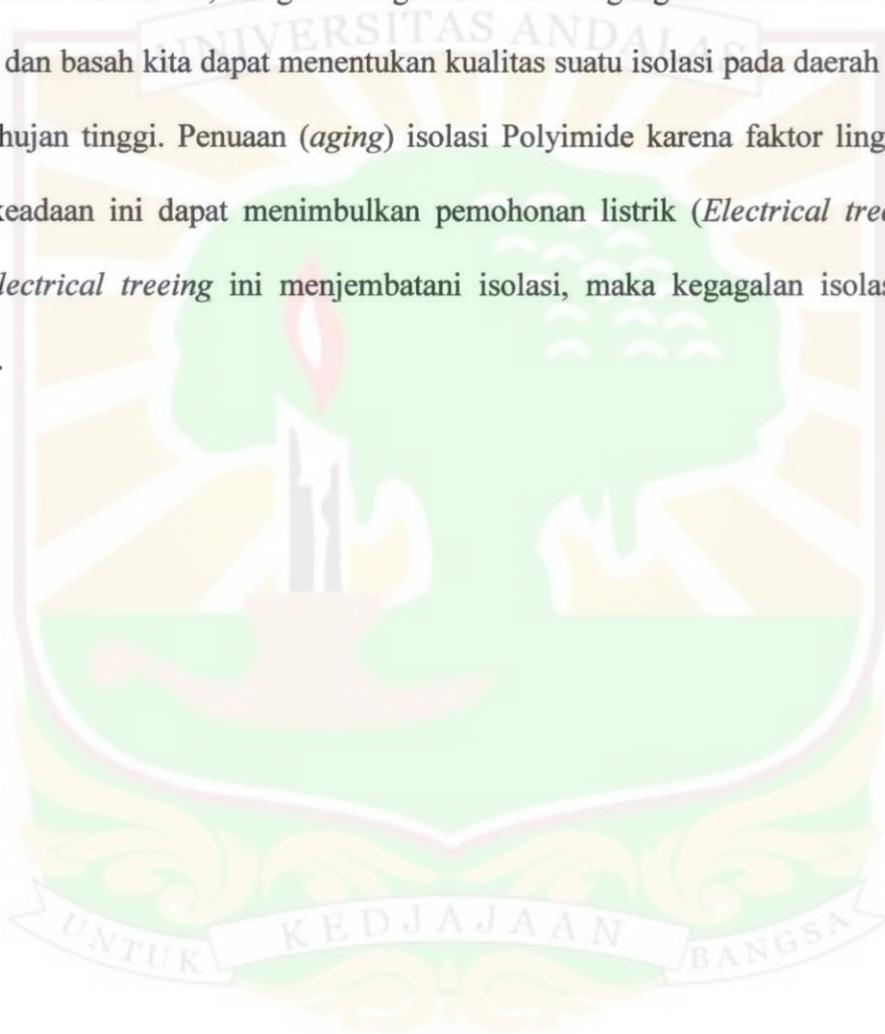
Sejalan dengan perkembangan teknologi, kabel polymer mulai diperkenalkan pada tahun 50-an, dan sejak saat itu digunakan secara luas dengan performansi yang terus ditingkatkan. Kabel polymer mempunyai banyak kelebihan dibandingkan dengan kabel OF. Ketahanannya yang tinggi terhadap

penuaan thermal (*thermal ageing*) membuat kabel polymer lebih efisien dari kabel OF. Karena tidak menggunakan minyak kabel, maka kabel polymer bebas dari kegagalan yang berhubungan dengan migrasi minyak. Resiko kebakaran akibat minyak kabel juga tidak ada pada kabel polymer, selain itu juga tidak memerlukan perawatan. Karena permitivitas relatif (ϵ_r) isolasi polymer sekitar 2,3 sedangkan pada isolasi OF sekitar 3,7 maka kabel polymer mempunyai kapasitansi dan *charging current* yang lebih kecil dibandingkan dengan kabel OF. $\tan \delta$ kabel polymer tidak lebih dari 0,1% sedangkan kabel OF berkisar dari 0,25-0,4 % sehingga rugi-rugi dielektrik kabel polymer dianggap lebih kecil dari kabel OF^[8]. Apalagi bila diikuti dengan perkembangan teknologi bahan isolasi padat polymer seperti: *Low Density Polyethylene (LDPE)*, *Cross Link Polyethylene (XLPE)* dengan aditifnya yang mampu menahan kebakaran atau tahan air serta perbaikan sifat-sifat keelektrikannya dan Polyimide (PI) yang memiliki ketahanan terhadap panas yang sangat baik.

Pada saat sekarang ini, polimer sudah banyak digunakan secara luas di berbagai bidang industri sebagai bahan isolasi pada kabel tegangan tinggi dan menengah. Salah satu contohnya adalah *Polyimide* yang memiliki sifat elektrik dan mekanik yang baik. Namun dalam rangka meningkatkan kinerja kabel, sifat elektrik *polyimide* masih harus diselidiki.

Ketika medan listrik terdistorsi cukup kuat, inisiasi luahan partial akan mudah terjadi. Luahan partial secara berangsur-angsur menurunkan kualitas permukaan bahan isolasi^[4]. Permukaan akan cenderung memiliki banyak rongga. Rongga akan menjadi semakin besar karena pengaruh aktivitas luahan partial dan akibatnya medan listrik pada rongga akan meningkat. Dan Kegagalan isolasi

terjadi ketika medan listrik pada rongga tersebut mencapai nilai kritis^[4]. Selain itu, nilai kritis juga di pengaruhi beberapa faktor. Salah satunya adalah kondisi cuaca pada daerah isolasi. Pada penerapannya, bahan isolasi di daerah tropis sering digunakan Pada kelembaban yang relatif tinggi selama bertahun -tahun. Selain itu, di daerah yang rawan hujan bahan ini sering basah pada waktu yang lama. Oleh karena itu, dengan mengetahui besar tegangan tembus saat kondisi kering dan basah kita dapat menentukan kualitas suatu isolasi pada daerah dengan curah hujan tinggi. Penuaan (*aging*) isolasi Polyimide karena faktor lingkungan pada keadaan ini dapat menimbulkan pemohonan listrik (*Electrical treeing*)^[1]. Jika *electrical treeing* ini menjembatani isolasi, maka kegagalan isolasi akan terjadi.



1.2. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh kandungan air bahan isolasi *Polyimide* terhadap tegangan tembus dan pengaruh kandungan air bahan isolasi *Polyimide* terhadap arus konduksi.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian adalah:

1. Memahami tentang mekanisme kegagalan isolasi bahan isolasi.
2. Untuk mengetahui kualitas bahan isolasi *Polyimide* pada daerah dengan curah hujan yang tinggi.

1.4. Metodologi Penelitian

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ini penulis melakukan:

1. Studi Literatur

Dengan mempelajari literatur yang berhubungan dengan pembuatan tugas akhir.

2. Menyiapkan dan merangkai sistem pengukuran

Mempersiapkan semua komponen atau alat pengukuran dan software yang digunakan untuk pengukuran tegangan tembus kemudian merangkai sistem pengukuran.

3. Pengukuran tegangan tembus di laboratorium

Melakukan pengukuran atau perekaman data kejadian tegangan tembus dan menyimpannya file hasil pengukuran dalam hardisk komputer.

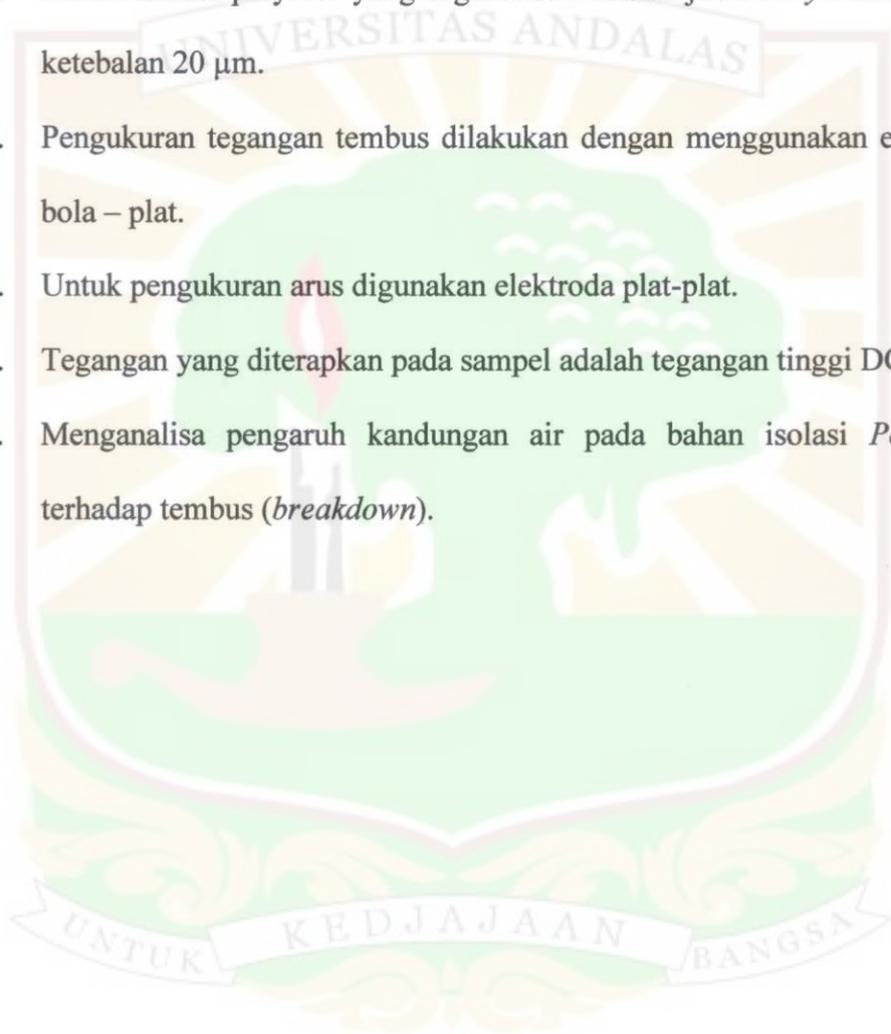
4. Analisis Data

Data hasil pengujian alat diolah sehingga diperoleh kesimpulan.

1.5. Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah maka diambil asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Bahan isolasi polymer yang digunakan adalah jenis *Polyimide* dengan ketebalan 20 μm .
2. Pengukuran tegangan tembus dilakukan dengan menggunakan elektroda bola – plat.
3. Untuk pengukuran arus digunakan elektroda plat-plat.
4. Tegangan yang diterapkan pada sampel adalah tegangan tinggi DC.
5. Menganalisa pengaruh kandungan air pada bahan isolasi *Polyimide* terhadap tembus (*breakdown*).



1.6. Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang, maksud dan tujuan, batasan masalah, metoda pengumpulan data dan analisa, serta sistematika penulisan.

BAB II Dasar Teori

Memuat dasar teori tentang peluahan sebagian (*partial discharge*) dan isolasi material polimer khususnya *Polyimide* .

BAB III Sistem Pengukuran dan Pengolahan Data

Membahas perangkat komponen dan software yang digunakan dalam sistem pengukuran pulsa peluahan sebagian, persiapan sampel, proses atau langkah-langkah pengukuran dan pengolahan data hasil pengukuran (akuisisi data).

BAB IV Analisis Hasil Pengukuran

Menyajikan data-data hasil pengukuran percobaan tegangan tembus terhadap kenaikan kadar air pada *Polyimide*.

BAB V Penutup

Menarik kesimpulan dan memberi saran atas percobaan yang dilakukan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Isolasi Polimer

Suatu polimer merupakan zat yang terdiri atas rangkaian panjang molekul kecil (*monomer*) yang berulang-ulang membentuk molekul besar (*makromolekul*). Secara umum polimer dibagi dalam tiga kelompok yaitu : plastik, serat dan *elastomer*. Pada umumnya bahan polimer dikenal sebagai plastik. Bahan ini mempunyai sifat yang cocok digunakan untuk isolasi kabel yaitu ringan, mudah dibentuk, liat, elastis dan bersifat isolator karena tidak memiliki elektron bebas.

Polimer yang tersusun dari satu jenis *monomer* disebut dengan *homopolimer*, sedangkan jika tersusun dari dua jenis atau lebih *monomer* yang berbeda disebut dengan *heterochain polimer*. Polimer terdapat dalam tiga kelompok umum yaitu : plastik, serat dan *elastomer*. Plastik dapat berupa lembaran tipis, zat padat yang keras, dan dapat dicetak. Serat merupakan polimer yang mirip benang, contohnya adalah kapas, sutra, dan nilon. Sedangkan *elastomer* merupakan polimer dengan sifat elastis seperti karet.

Ditinjau dari strukturnya, polimer dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Termoplastik

Termoplastik merupakan polimer dengan susunan yang linier atau bercabang. Pada temperatur yang tinggi, polimer tersebut akan melunak. Termasuk dalam jenis ini adalah *polyethylene* (PE) dan *polyvinyl Chloride* (PVC)

yang mudah dan murah dalam pembuatannya, sehingga banyak digunakan dalam industri listrik.

2. Termoset

Termoset merupakan molekul dengan susunan jaringan tiga dimensi. Bila dipanaskan bahan termoset ini tidak akan menjadi lunak, karena struktur tiga dimensinya yang kaku. Agar menjadi lunak, diperlukan usaha untuk memecahkan ikatan kovalennya. Termasuk dalam jenis ini adalah *Neoprene*, *Hypalon*, *NitrilRubber*, *Nitril Butadiene*, *Ethilen Propylene Rubber (EPR)*, dan *Cross-Linked Polyethylene (XLPE)*. Material XLPE banyak digunakan sebagai bahan isolasi dengan temperature kerja mencapai 90°C .

Sekarang ini utamanya ada enam komoditas polimer yang banyak digunakan, yaitu *polyethylene*, *polypropylene*, *polyvinyl chloride*, *polyethylene terephthalate*, *polystyrene*, dan *polycarbonate*. Polimer ini membentuk 98% dari seluruh polimer dan plastik yang ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Masing-masing dari polimer tersebut memiliki sifat degradasi dan ketahanan panas, cahaya, dan kimia. Polimer mempunyai sifat yang cocok digunakan untuk isolasi kabel yaitu ringan, mudah dibentuk, liat, elastis dan bersifat isolator karena tidak memiliki elektron bebas.

Konsep isolasi konduktor pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Joseph Henry (1797-1898) ketika dia melakukan eksperimen untuk menyelidiki gaya elektromagnetik. Isolator adalah alat listrik yang dipakai untuk menjalankan tugasnya mengisolasi didalam rangkaian listrik. Berfungsi untuk memisahkan secara elektrik dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus atau dalam gradien yang tinggi tidak terjadi loncatan api

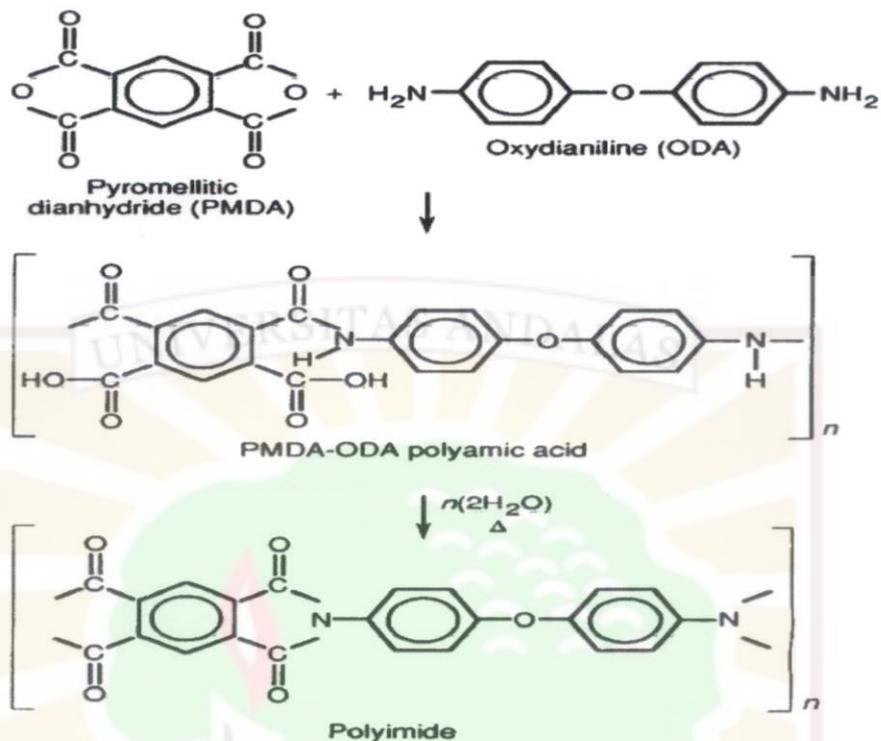
(*flashover*). Selain itu isolator juga berfungsi untuk menahan gaya mekanis akibat adanya tekanan yang diakibatkan panas dan reaksi kimia.

Sedangkan sifat elektrik yang dibutuhkan untuk suatu bahan isolasi adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi sehingga sifat hantarannya dapat ditiadakan. Kekuatan dielektrik dinyatakan dalam kV/cm sehingga makin tinggi kekuatan dielektrik, dimensi sistem isolasi menjadi lebih kecil dan penggunaan bahan semakin sedikit, sehingga harganya semakin murah.
2. Memiliki konstanta dielektrik yang konstan.
3. Rugi-rugi dielektriknya rendah, agar suhu bahan isolasi tidak melebihi batas yang ditentukan.
4. Memiliki *tracking strength* tinggi agar tidak terjadi erosi karena tekanan elektrik permukaan.

2.2 Polimer *Polyimide*

Polyimide, kadang – kadang disingkat PI adalah sebuah rangkaian polimer dari monomer imid. *Polyimide* adalah gugus yang sangat menarik dari bahan polimer yang memiliki kekuatan luar biasa dan ketahanan terhadap panas dan bahan kimia yang sangat baik. Kekuatan dan ketahanannya terhadap panas dan bahan kimia begitu bagus, dimana material ini sering dilapiskan pada gelas dan logam seperti halnya baja, dan diaplikasikan dalam kebutuhan industri. *Polyimide* bahkan digunakan dalam kehidupan sehari-hari, karena memiliki kestabilan termal ketahanan terhadap minyak, pelumas, dan lemak, serta sifat transparansinya terhadap radiasi gelombang mikro.



Gambar 2.1 Ikatan Kimia Polyimide

Jenis polimer ini juga dapat digunakan dalam circuit board, isolator, fiber untuk pelindung pakaian, komposit dan adhesit. Jika dibandingkan dengan sebagian besar material polimer organik lainnya, Polyimide menunjukkan kombinasi luar biasa, dari stabilitas termal(>500C), kekuatan mekanik dan ketahanan kimianya. sebagai tambahan polyimide ini memiliki sifat dielektik yang baik. Karena duktilitasnya yang tinggi dan rendahnya CTE(Coefficient of Thermal Expansion), Polyimide ini dapat diimplementasikan dalam berbagai macam aplikasi mikroelektronik.

Sifat Mekanis *Polyimide*:

Density	1430 kg/m ³
Young's modulus	3.2 GPa

Tensile strength	75–90 MPa
Elongation @ break	4–8%
notch test	4–8 kJ/m
Glass temperature	>400 °C
Thermal conductivity	0.52 W/(m·K)
Coefficient of thermal expansion	5.5×10 ⁻⁵ /K
Specific heat capacity	1.15 kJ/(kg·K)
Water absorption (ASTM)	0.32
Dielectric constant at 1 MHz	3.5

Perhitungan Kandungan Air pada *Polyimide*

Perhitungan kandungan air digunakan untuk mengetahui berapa banyak (%) kandungan air, dinyatakan dengan persamaan:

$$M = \frac{(w-w_0)}{w_0} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana;

M = Moisture content (kandungan air)

w = Berat ketika kering

w = Berat ketika basah

2.3 *Partial Discharge* dan Kegagalan Bahan Isolasi

Dalam bahasa Indonesia *partial discharge* mempunyai arti peluahan sebagian. Definisi dari peluahan sebagian atau *partial discharge* yang disingkat PD menurut IEC 60270 adalah peluahan listrik lokal yang hanya menjembatani sebagian isolasi di antara konduktor dan yang mungkin terjadi dekat dengan konduktor. Peluahan sebagian adalah pulsa listrik atau peluahan pada void yang berisi gas atau pada suatu permukaan dielektrik suatu sistem isolasi padat maupun cair yang hanya sebagian menjembatani gap antara isolasi fasa ke ground, atau fasa ke fasa isolasi. Peluahan elektrik pada medium isolasi yang terdapat di antara dua elektroda berbeda tegangan, dimana peluahan tersebut tidak sampai menghubungkan kedua elektroda secara sempurna. Peluahan sebagian adalah pelepasan muatan yang disebabkan ionisasi gas pada sistem isolasi di saat tegangan dalam keadaan nilai kritis.

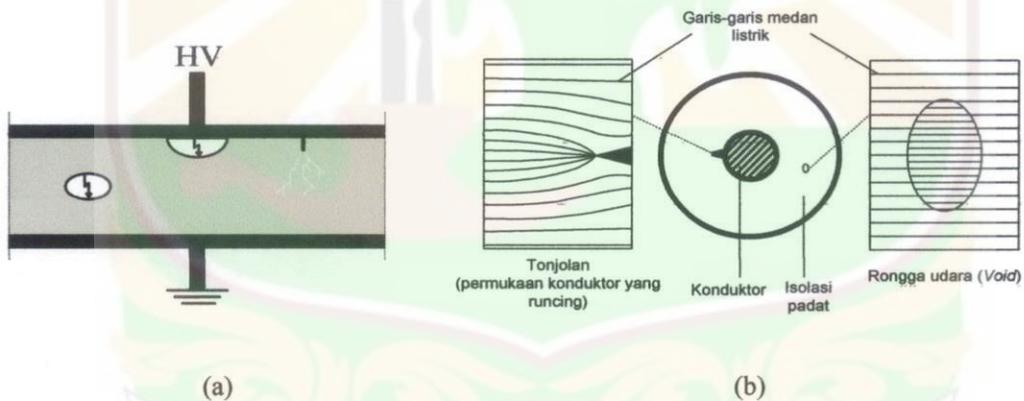
Peluhan sebagian yang timbul disebabkan oleh cacat dalam bentuk *void*, ketidakmurnian dan tonjolan pada *interface* antara lapisan semikonduktor dan isolasi polimer, yang dapat terjadi pada proses produksi (manufaktur) kabel polimer. Akibat adanya stress listrik yang terus menerus maka akan terjadi penuaan isolasi polimer dan pada cacat ini tumbuh *electrical treeing*. Dua *ageing degradation* yang paling sering dialami pada kabel tegangan tinggi berisolasi polimer adalah *void discharge* dan *electrical treeing*. Jika *electrical treeing* ini menjembatani isolasi, maka kegagalan isolasi akan terjadi.

2.3.1 Klasifikasi *Partial Discharge*

Peluhan sebagian diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan lokasi dan mekanisme terjadinya PD tersebut yaitu : *internal discharge*, *surface discharge*, dan *corona discharge*.

2.3.1.1 *Internal Discharge*

Internal discharge terjadi pada *void* (rongga) atau permukaan konduktor yang runcing di dalam volume material isolasi padat atau cair. Pada sistem kelistrikan, bahan isolasi menjadi pemisah antara konduktor dan *ground*. Bahan isolasi padat mempunyai permitivitas relatif ϵ_r besar sekitar 3, sedangkan udara/gas biasanya dianggap 1.



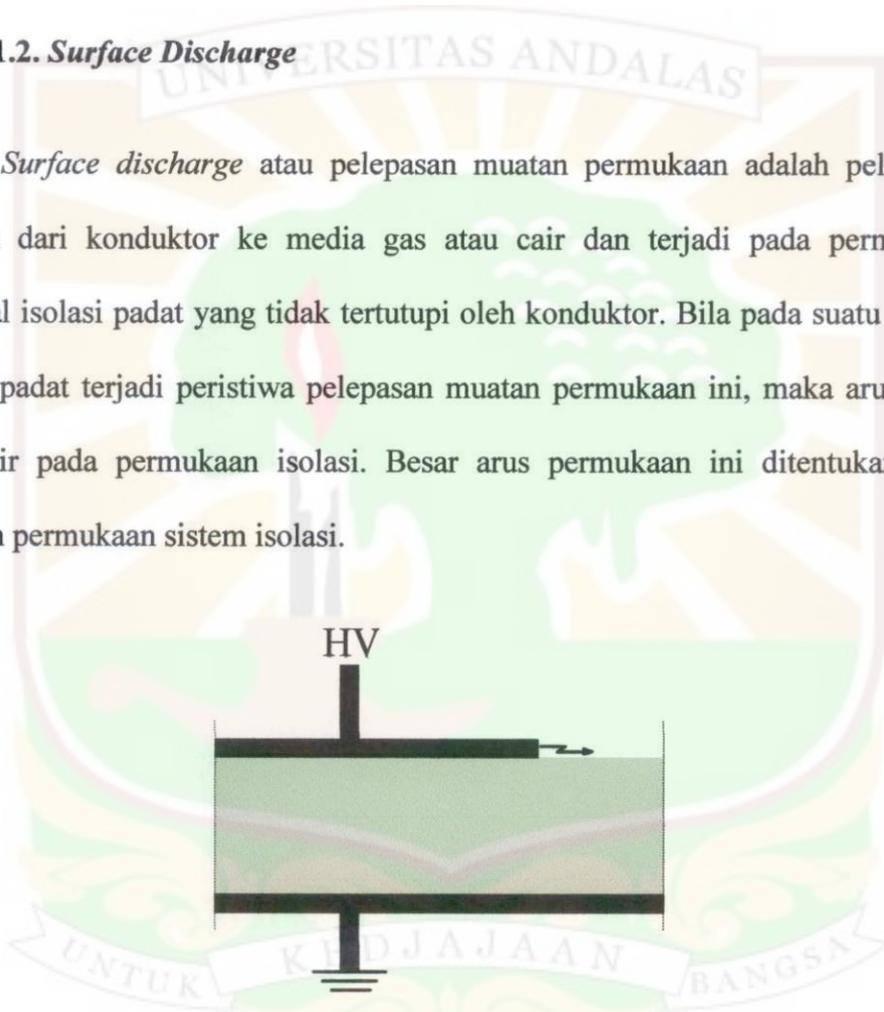
Gambar 2.2 (a) Konsep dasar *Internal discharge* (b) Distribusi medan listrik pada void dan permukaan konduktor yang runcing

Dengan demikian bila di dalam isolasi padat terdapat *void* yang berisi gas, maka pada saat beroperasi, gas menahan tekanan medan yang lebih besar dibanding isolasi padat seperti yang gambar 2.3.(b) di atas. Padahal kekuatan isolasi gas jauh lebih kecil dari isolasi padat. Dengan demikian, pada saat isolasi

padat masih menahan kuat medan jauh dibawah ambang kekuatannya, gas yang berada didalam *void* mungkin sudah tidak mampu lagi menahan kuat medan elektrik yang dialaminya. Akibatnya gas sudah mengalami *breakdown*, sementara isolasi padat masih dalam kondisi sehat. Kejadian ini disebut dengan *Peluhan sebagian* yang lokasi dan mekanisme terjadinya akibat adanya *internal discharge*.

2.3.1.2. Surface Discharge

Surface discharge atau pelepasan muatan permukaan adalah pelepasan muatan dari konduktor ke media gas atau cair dan terjadi pada permukaan material isolasi padat yang tidak tertutupi oleh konduktor. Bila pada suatu sistem isolasi padat terjadi peristiwa pelepasan muatan permukaan ini, maka arus akan mengalir pada permukaan isolasi. Besar arus permukaan ini ditentukan oleh tahanan permukaan sistem isolasi.



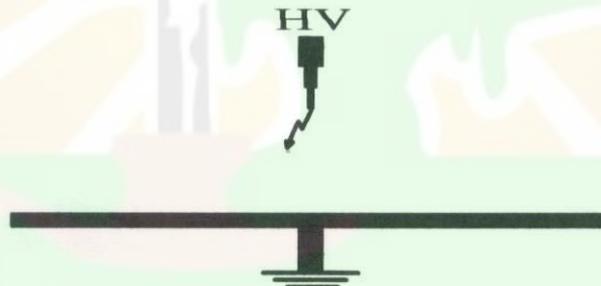
Gambar 2.3 Konsep dasar *surface discharge*

Arus ini sering juga disebut arus bocor atau arus yang menyelusuri permukaan isolasi. Arus bocor menimbulkan panas yang mengakibatkan terjadinya penguraian bahan kimia yang membentuk permukaan isolasi. Efek nyata dari penguraian ini adalah timbulnya jejak arus atau saluran aliran arus pada

permukaan isolasi sehingga menyebabkan kenaikan tegangan pada daerah sekitarnya yang selanjutnya akan menimbulkan tekanan dielektrik yang berlebihan pada sistem isolasi. Proses ini berjalan terus menerus sehingga akhirnya terjadi suatu kegagalan. Gejala ini dinamakan gejala *tracking*.

2.3.1.3. Corona Discharge

Korona atau *corona discharge* adalah peristiwa pelepasan muatan pada media isolasi cair atau gas yang berada di sekeliling konduktor. Korona disifatkan sebagai terjadinya pelepasan muatan yang bermula dari suatu kawat atau konduktor bila nilai medan listrik pada permukaan kawat tersebut melampaui nilai tertentu. Pelepasan muatan ini pada umumnya terjadi pada gas atau udara.



Gambar 2.4 Konsep dasar Corona discharge

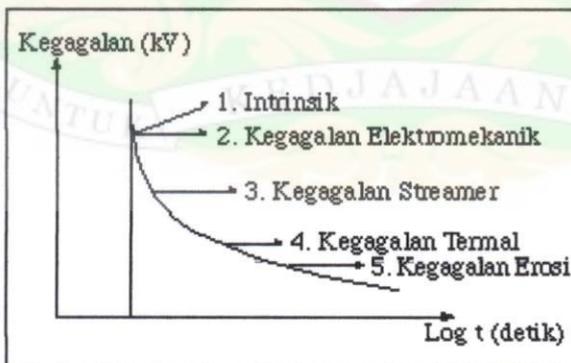
Pelepasan muatan ini terjadi karena adanya ionisasi dalam udara yaitu lepasnya elektron dari molekul udara akibat radiasi ultraviolet, radiasi radioaktif, radiasi sinar kosmis dan sebagainya. Oleh karena lepasnya elektron, maka apabila disekitarnya terdapat medan listrik maka elektron-elektron bebas ini mengalami gaya yang mempercepat gerakannya sehingga terjadi benturan dengan molekul lain. Akibatnya timbul ion-ion dan elektron-elektron baru. Proses ini berjalan terus-menerus dan jumlah elektron bebas semakin banyak.

Korona sering terjadi pada kawat transmisi tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi terutama pada bagian yang kasar, runcing atau kotor. Korona mengeluarkan cahaya berwarna ungu muda, suara mendesis dan menimbulkan panas.

2.4 Penurunan Kualitas Isolasi

Degradasi isolasi seringkali dihubungkan dengan peluahan sebagian. Peluahan pada *interface* antara dua media disebut dengan peluahan permukaan (*surface discharge*) dan menghasilkan *surface tracking*. Selain di permukaan, di dalam material isolasi juga terjadi peluahan internal yang dihasilkan karena stress elektrik yang tinggi melewati sebuah *void* yang berisi udara. Stress elektrik yang tinggi ini terbentuk akibat gradien tegangan antara tegangan yang diberikan dengan *ground* potensial. Peluahan sebagian yang terjadi pada sebuah *void* menyebabkan penurunan kualitas isolasi yang dapat berakibat terjadinya kegagalan.

2.5 Mekanisme Kegagalan Bahan Isolasi Padat



Gambar 2.5 Karakteristik Kegagalan Bahan Isolasi

Mekanisme kegagalan bahan isolasi padat terdiri dari beberapa jenis sesuai fungsi waktu penerapan tegangannya. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut :

Uraian masing masing jenis kegagalan pada bahan isolasi padat adalah :

1. Kegagalan Asasi (Intrinsik)

Kegagalan Intrinsik adalah kegagalan yang disebabkan oleh jenis dan suhu bahan (dengan menghilangkan pengaruh luar seperti tekanan, bahan elektroda, ketidakh murnian, kantong kantong udara. Kegagalan ini terjadi jika tegangan yang dikenakan pada bahan dinaikkan sehingga tekanan listriknya mencapai nilai tertentu yaitu 10^6 volt/cm dalam waktu yang sangat singkat yaitu 10^{-8} detik

2. Kegagalan elektromekanik

Kegagalan yang disebabkan oleh adanya perbedaan polaritas antara elektroda yang mengapit zat isolasi padat sehingga timbul tekanan listrik pada bahan tersebut. Tekanan listrik yang terjadi menimbulkan tekanan mekanik yang menyebabkan timbulnya tarik menarik antara kedua elektroda tersebut. Pada tegangan 10^6 volt/cm menimbulkan tekanan mekanik 2 s.d 6 kg/cm². Tekanan atau tarikan mekanis ini berupa gaya yang bekerja pada zat padat berhubungan dengan Modulus Young

$$Y = \frac{F/A}{\Delta L/L} \tag{2.2}$$

Dengan rumus Stark dan Garton

$$\epsilon_0 \epsilon_y = \frac{V^2}{2d^2} = y \ln \frac{d_0}{d} \tag{2.3}$$

Jika kekuatan asasi (intrinsik) tidak tercapai pada $\frac{d_0}{d} = 0.6$ maka, zat isolasi akan gagal bila tegangan V dinaikkan lagi. Jadi kekuatan listrik maksimumnya adalah

$$E_d = \frac{V}{d_0} = 0.6 \sqrt{\frac{Y}{\epsilon_0 \epsilon_Y}} \quad (2.4)$$

Dimana :

F : Gaya yang bekerja pada zat padat,

ΔL : Pertambahan panjang zat padat

L : Panjang zat padat,

A : Pertambahan zat yang dikenai gaya,

d_0 : Tebal zat padat sebelum dikenai tegangan V,

d : Tebal setelah dikenai tegangan V

ϵ : Permittivitas

3. Kegagalan Streamer

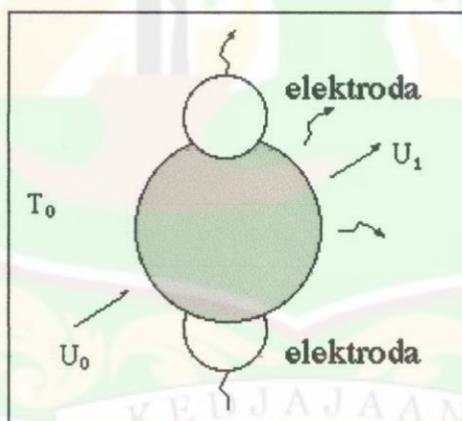
Kegagalan Streamer adalah kegagalan yang terjadi sesudah suatu banjir (avalanche). Sebuah elektron yang memasuki band conduction di katoda akan bergerak menuju anoda dibawah pengaruh medan memperoleh energi antara benturan dan kehilangan energi pada waktu membentur. Jika lintasan bebas cukup panjang maka tambahan energi yang diperoleh melebihi pengionisasi kisi (lattice). Akibatnya dihasilkan tambahan elektron pada saat terjadi benturan. Jika suatu tegangan V dikenakan terhadap elektroda bola, maka pada media yang berdekatan (gas atau udara) timbul tegangan. Karena gas mempunyai permitivitas lebih rendah dari zat padat sehingga gas akan mengalami tekanan listrik yang besar. Akibatnya gas tersebut akan mengalami kegagalan sebelum zat padat mencapai kekuatan asasnya. Karena kegagalan tersebut maka akan jatuh sebuah muatan

pada permukaan zat padat sehingga medan yang tadinya seragam akan terganggu. Bentuk muatan pada ujung pelepasan ini dalam keadaan tertentu dapat menimbulkan medan lokal yang cukup tinggi (sekitar 10 MV/cm). Karena medan ini melebihi kekuatan intrinsik maka akan terjadi kegagalan pada zat padat. Proses kegagalan ini terjadi sedikit demi sedikit yang dapat menyebabkan kegagalan total.

4. Kegagalan Termal

Kegagalan Termal Adalah kegagalan yang terjadi jika kecepatan pembangkitan panas di suatu titik dalam bahan melebihi laju kecepatan pembuangan panas keluar. Akibatnya terjadi keadaan tidak stabil sehingga pada suatu saat bahan mengalami kegagalan.

Gambar kegagalan ini ditunjukkan seperti :



Gambar 2.6 Kegagalan Termal

Dalam hukum konversi energi :

$$U_0 = U_1 = U_2 \tag{2.5}$$

dimana :

U_0 : Panas yang dibangkitkan

U_1 : Panas yang disalurkan keluar

U_2 : Panas yang menaikkan suhu bahan

$$E^2 = \text{div} (k. \text{grad } T) + C_v \frac{dT}{dt} \quad (2.6)$$

dimana :

C_v : panas spesifik

k : konduktivitas termal

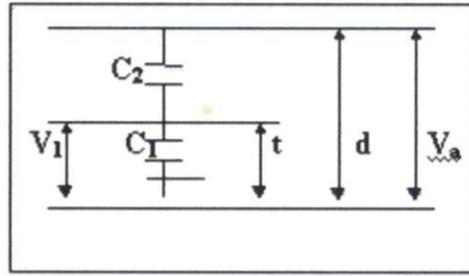
d : konduktivitas listrik

E : tekanan listrik.

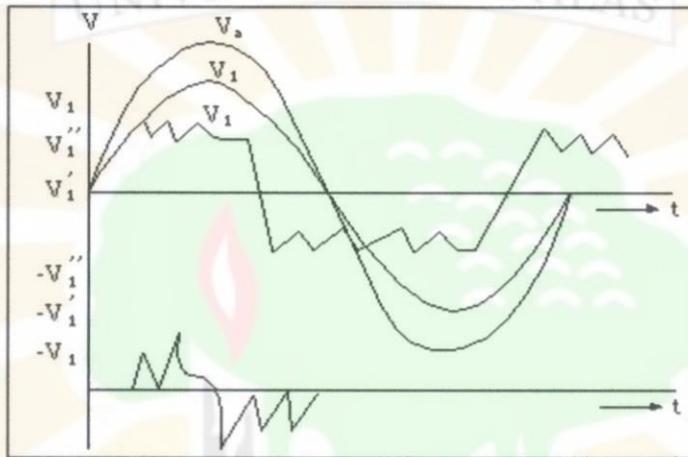
Kuat gagal termal pada tegangan AC lebih kecil daripada kuat gagal termal medan arus DC. Kuat gagal termal untuk medan bolak balik juga menurun dengan naiknya frekuensi tegangan.

5. Kegagalan Erosi

Kegagalan Erosi adalah kegagalan yang disebabkan zat isolasi pada tidak sempurna, karena adanya lubang lubang atau rongga dalam bahan isolasi padat tersebut. Lubang/rongga akan terisi oleh gas atau cairan yang kekuatan gagalnya lebih kecil dari kekuatan zat padat. Gambar kegagalan isolasi dan rangkaian ekivalennya ditunjukkan oleh gambar dibawah ini:



Gambar 2.7 Rangkaian Ekivalen Kegagalan Isolasi karena Erosi



Gambar 2.8 Bentuk Gelombang Kegagalan Isolasi karena Erosi

Untuk $t \ll d$ yang mencerminkan keadaan sebenarnya, bila rongga terisi gas, maka tegangan pada C_1 adalah

$$V_1 = \epsilon_r \cdot t/dt V_a \quad (2.7)$$

dimana :

C_1 : Kapasitansi rongga yang tebalnya t

C_2 : Kapasitansi rongga yang tebalnya d

V_1 : Tegangan pada rongga

V_a : Tegangan terminal

ϵ_r : Permittivitas relatif zat isolasi padat

Jika tegangan AC yang dikenakan tidak menghasilkan kegagalan, maka bentuk gelombang yang terjadi pada rongga adalah V_1 , tetapi jika V_1 cukup besar, maka bisa terjadi kegagalan pada tegangan V_1' . Pada saat terjadi lucutan dengan tegangan V_1' maka pada rongga tersebut terjadi busur api. Busur api yang terjadi diiringi oleh jatuhnya tegangan sampai V_1'' dan mengalirnya arus. Busur api kemudian padam. Tegangan pada rongga naik lagi sampai terjadi kegagalan berikutnya pada tegangan V_1' . Hal ini juga terjadi pada setengah gelombang (negatif) berikutnya. Rongga akan melucut pada waktu tegangan rongga mencapai $-V_1'$. Pada waktu gas dalam rongga gagal, permukaan zat isolasi padat merupakan katoda - anoda dengan bentuk yang ditunjukkan seperti berikut:

Benturan elektron pada anoda mengakibatkan terlepasnya ikatan kimiawi pada isolasi padat tersebut. Demikian pula pemboman katoda oleh ion positif akan mengakibatkan kenaikan suhu yang menyebabkan ketidakstabilan termal, sehingga dinding zat padat lama kelamaan menjadi rusak, rongga menjadi semakin besar dan isolasi menjadi tipis. Hubungan antara tegangan lucutan dan umur dinyatakan dengan :

$$L = A \left(\frac{V_i}{V_a} \right)^n \quad (2.8)$$

dimana :

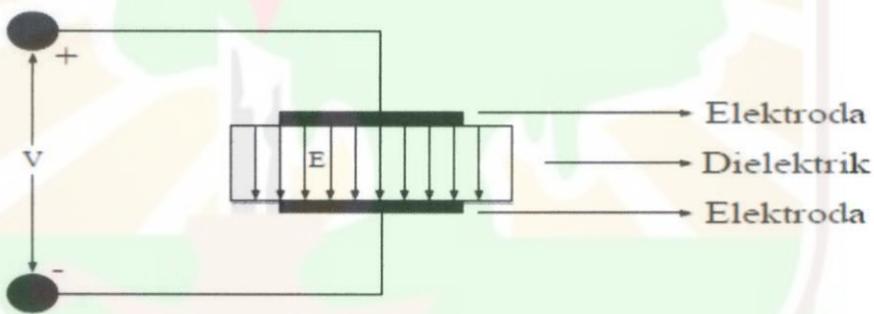
V_i : tegangan dimana mulai terjadi lucutan,

V_a : tegangan yang diterapkan

n : nilai antara 3 dan 10 dan A adalah konstanta.

2.6 Kekuatan Dielektrik

Suatu dielektrik tidak mempunyai elektron-elektron bebas, melainkan elektron-elektron yang terikat pada inti atom unsur yang membentuk dielektrik tersebut. Pada Gambar 2.9 ditunjukkan suatu bahan dielektrik yang ditempatkan di antara dua elektroda piring sejajar. Apabila kedua elektroda tersebut diberi tegangan searah V , maka timbul medan elektrik (E) di dalam dielektrik. Medan elektrik ini memberikan gaya kepada elektron-elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Dengan kata lain medan elektrik merupakan beban terhadap dielektrik agar berubah sifatnya menjadi konduktor.



Gambar 2.9 Medan Elektrik Dalam Dielektrik

Beban yang dipikul dielektrik ini disebut terpaan medan elektrik. Setiap dielektrik mempunyai batas kemampuan untuk memikul terpaan elektrik. Jika terpaan elektrik melebihi batas dan berlangsung cukup lama, maka dielektrik akan menghantarkan arus atau gagal dalam melaksanakan fungsinya sebagai isolator. Hal ini disebut sebagai tembus listrik atau "*breakdown*". Jadi Kekuatan dielektrik bisa diartikan terpaan elektrik tertinggi yang dapat dipikul suatu dielektrik tanpa menyebabkan dielektrik tersebut *breakdown*. Jika suatu dielektrik mempunyai kekuatan dielektrik E_k , maka terpaan elektrik yang dapat dipikulnya adalah $\leq E_k$

Pada penerapan tegangan kekuatan dielektrik didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan yang menyebabkan kerusakan atau tembus listrik (V) dengan tebal isolasi (d) yang memisahkan antara elektroda. Hal ini dapat dilihat pada persamaan :

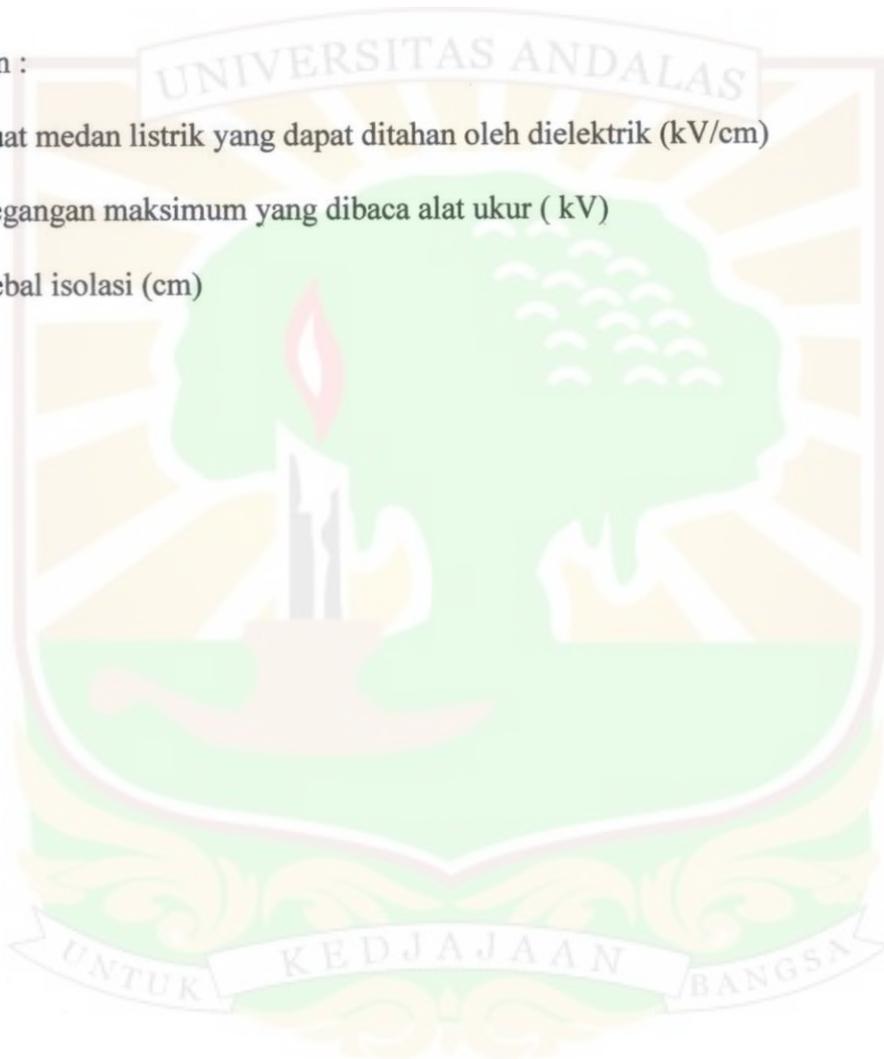
$$E = \frac{V}{d} \quad (2.9)$$

Dengan :

E = Kuat medan listrik yang dapat ditahan oleh dielektrik (kV/cm)

V = Tegangan maksimum yang dibaca alat ukur (kV)

d = Tebal isolasi (cm)



BAB III

SISTEM PENGUKURAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 Pendahuluan

Dalam Penelitian ini membahas tentang pengaruh kandungan air terhadap tegangan tembus, hal pertama yang harus diketahui adalah apakah bahan isolasi *polyimide* dapat menyerap air atau tidak. Untuk mengetahuinya dapat dilakukan dengan merendam bahan isolasi tersebut kedalam air. Dalam penelitian ini bahan isolasi *Polyimide* tersebut setelah direndam dalam air dan ditimbang setiap satu jam dengan timbangan digital untuk mengetahui apakah ada kenaikan kadar air atau tidak, dan ini dilakukan selama 24 jam.

Setelah diketahui adanya kenaikan, proses selanjutnya mengulangi proses perendaman selama 60 hari, dan pada hari ke 0, 2, 15, 30 dan 60 dilakukan pengujian sampel *Polyimide* untuk mendapatkan arus konduksi. Pengujian ini dilakukan dengan metoda Plat – Plat dengan tegangan konstan 10 kV selama 10 menit.

Untuk pengujian tegangan tembus dilakukan dengan elektroda Bola – Plat pengujian ini dilakukan dengan kondisi sampel yang berbeda, yaitu saat kering dan saat setelah direndam selama 60 hari. Pada tugas akhir ini, pengaruh kandungan air pada kegagalan isolasi pada *polyimide* menggunakan Tegangan Tinggi DC.

3.2 Peralatan dan Bahan

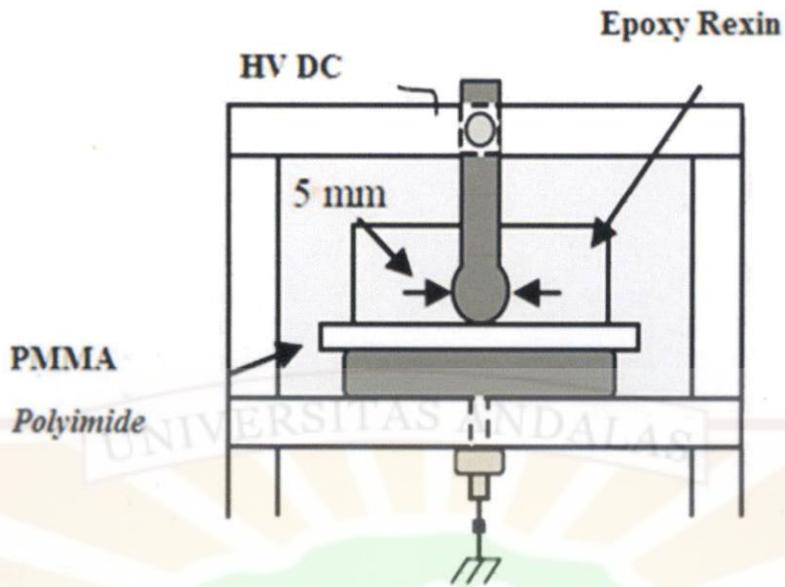
Adapun peralatan-peralatan dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah, elektroda bola-plat, elektroda plat-plat, osiloskop TDS 210, *General Purpose Interface Bus* (GPIB), kabel *coaxial*, *Personal Computer* (PC), sampel uji *Polyimide* film.

3.2.1 Power Supply Tegangan Tinggi

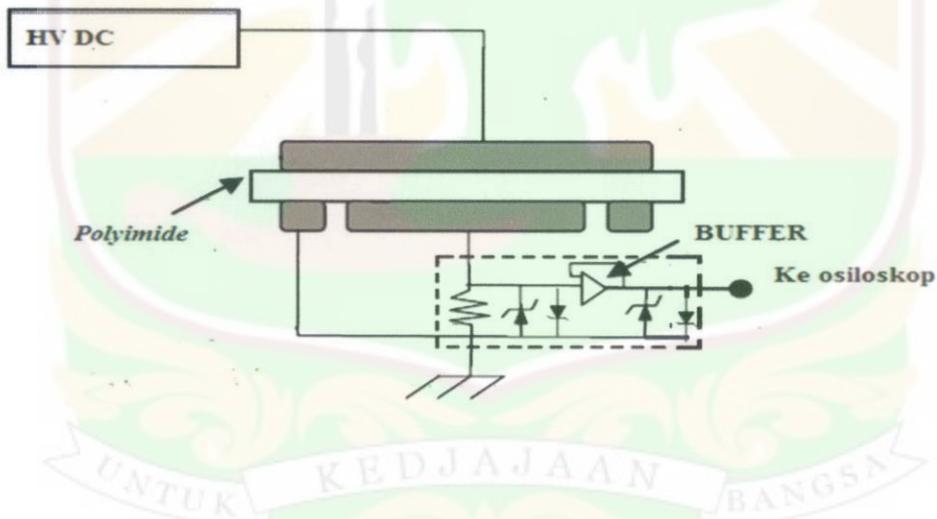
Dengan peralatan ini, tegangan input AC mengalami peningkatan melalui transformator *step-up* kemudian disetarakan menjadi tegangan DC. Trafo tegangan tinggi berfungsi untuk menghasilkan tegangan tinggi yang akan diterapkan pada sampel.

3.2.2 Elektroda

Elektroda yang digunakan adalah elektroda bola – plat dengan jarak sela sebesar 5 mm. Susunan dari elektroda dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1. Susunan Elektroda Bola – Plat



Gambar 3.2 Susunan Elektroda Plat - Plat

3.2.3 Rangkaian Buffer

Rangkaian Buffer berfungsi untuk menyangga tegangan tinggi sebelum memasuki osciloskop karena osciloskop memiliki impedansi yang kecil.

3.2.4 Osiloskop TDS 210

Osiloskop ini berfungsi sebagai perekam bentuk gelombang sinusoidal dan pulsa PD. Osiloskop ini adalah jenis *digital real time* buatan Tektronik, memiliki dua channel dengan *bandwith* 100 MHz. Panjang data yang direkam 2500 titik per channel dan ukuran memori sebesar 36 KB.

3.2.5 GPIB

GPIB merupakan sebuah *interface* standar komunikasi antara instrumen dan *controller* buatan National InstrumentsTM 8 bit dengan kecepatan transfer data 1 Mbytes atau lebih, menggunakan *three-wire handshake*.

3.2.6 Kabel Koaksial dan Konektor

Kabel koaksial dan konektor digunakan sebagai penghubung antara komponen-komponen pengukuran.

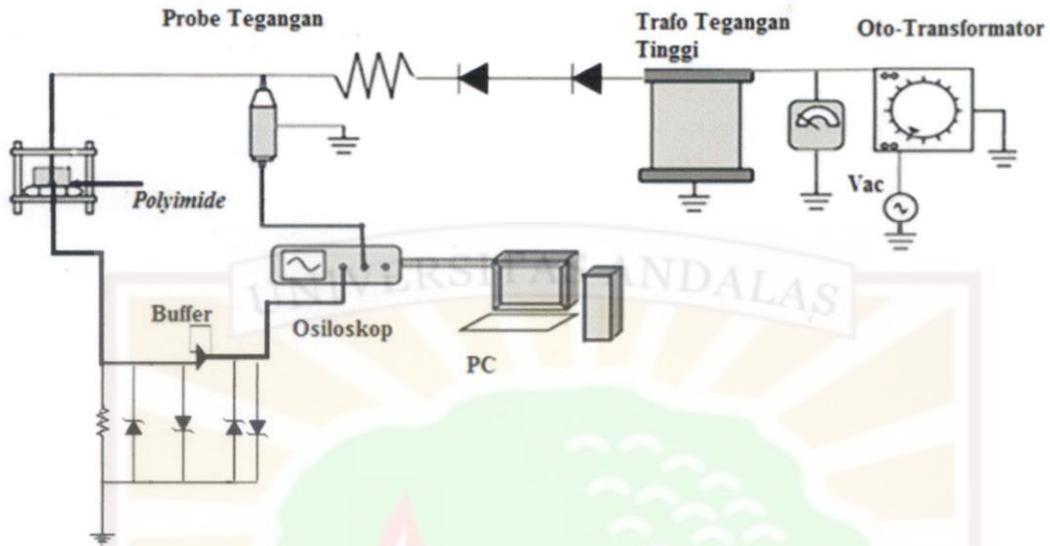
3.2.7 Personal Computer (PC)

PC ini berfungsi untuk menyimpan data PD yang direkam oleh osiloskop dengan menggunakan *hardware* GPIB. Kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan *software* MS Excel guna mendapatkan analisa grafiknya.

3.3 Teknik Pengukuran

Rangkaian pengukuran tegangan tembus ini dapat dilihat pada gambar berikut. Tegangan tinggi DC diterapkan pada elektroda bola-plat. Setelah terjadi

breakdown pada polimer kemudian diteruskan ke osiloskop untuk mendapatkan data digital.



Gambar 3.2 Sistem pengukuran

Selanjutnya, data digital tegangan tembus yang ditampilkan oleh osiloskop ditransfer ke komputer melalui GPIB untuk disimpan dan untuk dianalisa lebih lanjut.

3.3 Pengolahan Data

Dalam pengukuran ini, komputer bertindak sebagai pengontrol dalam pengambilan data tegangan tembus dari osiloskop. Kemudian data digital dari osiloskop ditransfer ke komputer melalui GPIB sebagaimana diperlihatkan pada rangkaian pengukuran gambar 3.2. Data disimpan dengan cara merekaman menggunakan perangkat lunak yang ada pada komputer, yaitu labview 8.6 selanjutnya dilakukan pengolahan data terhadap data-data yang didapatkan.

BAB IV

HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas hasil penelitian pengukuran tegangan tembus pada bahan isolasi *polyimide* yang menyerap air dengan menggunakan sistem elektroda bola-plat pada tegangan DC. Pembahasan hasil pengukuran yang dilakukan adalah membahas pengaruh kenaikan kandungan air terhadap besarnya tegangan tembus bahan isolasi *polyimide* dan membahas karakteristik arus konduktivitas terhadap kenaikan kadar air bahan isolasi.

4.1 Kandungan Air Bahan Isolasi *Polyimide*

Untuk mengetahui kadar penyerapan air pada bahan isolasi *polyimide* maka bahan isolasi harus dikondisikan dalam keadaan basah yaitu dengan cara merendam bahan isolasi tersebut didalam air. Pada penelitian ini dilakukan perendaman bahan isolasi *Polyimide* selama 60 hari dan pada hari ke 0, 2, 15, 30 dan ke 60 dilakukan penimbangan kadar air.

Untuk mengetahui kandungan air (%) dapat dihitung dengan persamaan:

$$M = \frac{(w-w_0)}{w_0} \times 100\% \quad (4.1)$$

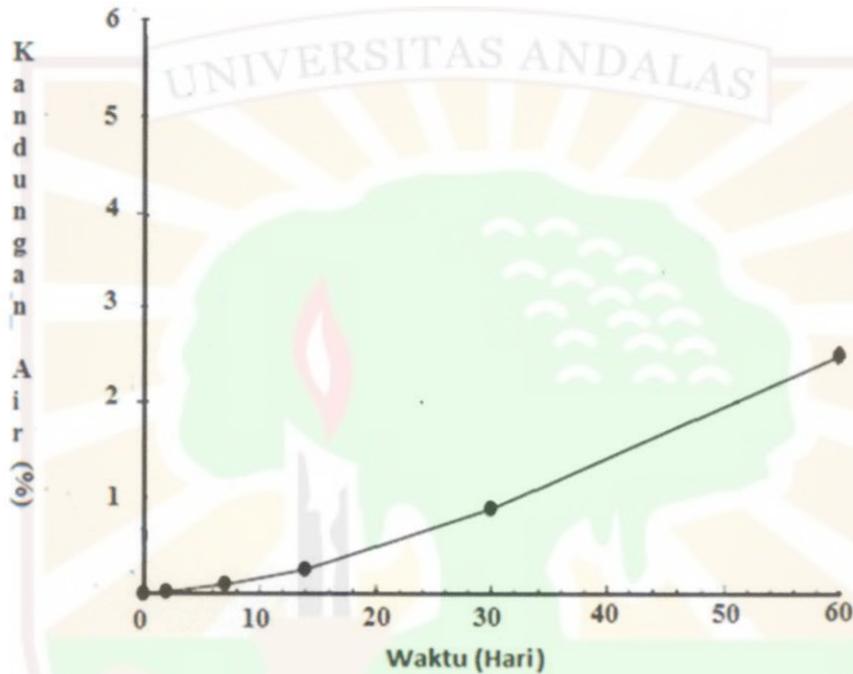
Dimana;

M = Moisture content (kandungan air)

W_0 = Berat ketika kering

W = Berat ketika basah

Hasil penimbangan kadar air setelah direndam selama 60 hari, yang penimbangannya dilakukan pada hari ke 0, 2, 15, 30, dan 60 diperlihatkan pada grafik berikut:



Gambar 4.1 Grafik Kandungan Air Bahan Isolasi Polyimide Terhadap Lamanya perendaman

Pada grafik terlihat semakin lama bahan isolasi terendam oleh air maka kandungan air pada bahan isolasi juga akan semakin meningkat. Setelah direndam 30 hari kandungan air yang didapat adalah 0,95 persen dan setelah hari ke 60 kenaikan kandungan air 2,5%.

4.2 Hasil Pengukuran Kekuatan Dielektrik dan Arus Konduksi

Pengukuran kekuatan dielektrik dan arus konduksi dilakukan saat kondisi kering dan kondisi setelah dilakukan perendaman. Untuk mendapatkan nilai kekuatan dielektrik digunakan persamaan dielektrik:

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

Dengan :

E = Kuat medan listrik yang dapat ditahan oleh dielektrik (kV/cm)

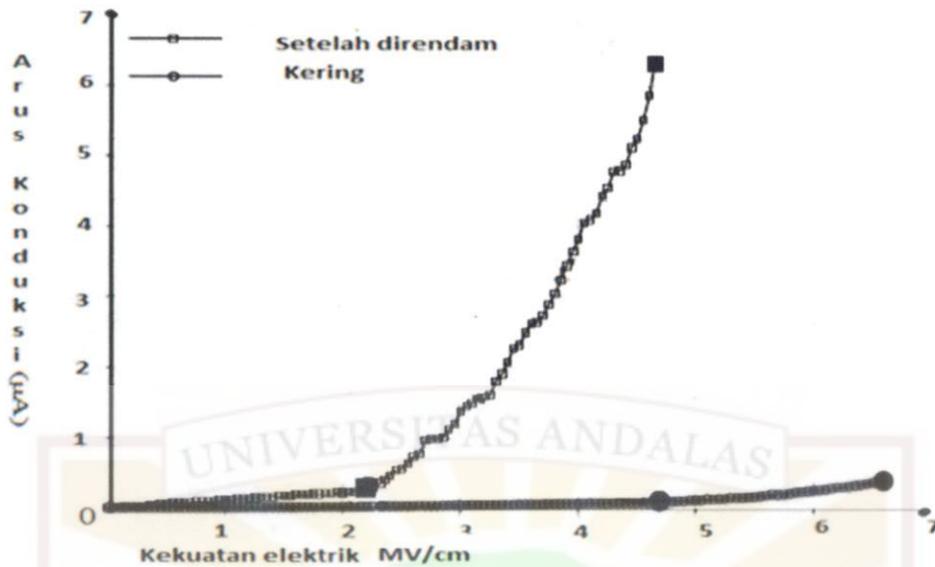
V = Tegangan maksimum yang dibaca alat ukur (kV)

d = Tebal isolasi (cm)

Karena tebal bahan isolasi yang digunakan adalah 20 μ m maka, maka didapatkan nilai kekuatan dielektriknya dalam MV/cm. Setelah dilakukan pengukuran dan pengolahan data didapatkan hasil seperti grafik dibawah.

Kenaikan arus terjadi secara signifikan ketika melampaui titik *threshold*. Pada saat kondisi basah nilai *threshold* 0,25 μ Acnm lebih rendah dari pada saat kering, tp memiliki nilai arus yang semakin besar dibandingkan dengan saat kering. Pada grafik terlihat kenaikan arus yang tinggi pada saat basah mencapai nilai 6,37 μ A, mengindikasikan semakin cepatnya terjadi breakdown, dan pada saat basah mengindikasikan tegangan tembus yang terjadi lebih cepat dari saat kering.

Hasil perbandingan untuk kondisi basah dan kering ditunjukkan pada grafik berikut:

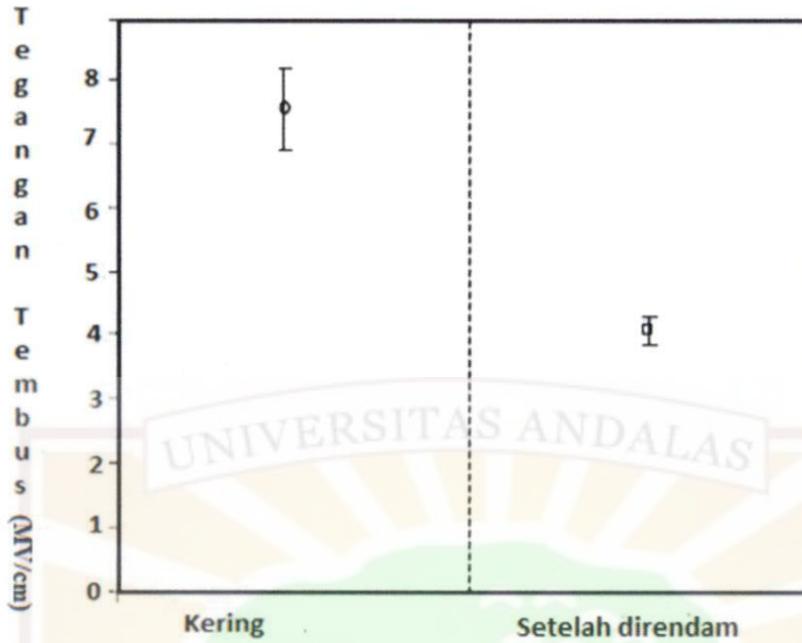


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Arus Konduksi dan Kekuatan Elektrik Terhadap Kondisi Kering dan Setelah Direndam

4.3 Hasil Pengukuran Tegangan Tembus

Dalam melakukan pengukuran tegangan tembus dilakukan dengan metoda elektroda bola-plat, dan dilakukan peningkatan tegangan pada sampel sampai terjadinya breakdown.

Hasil pengukuran tegangan tembus pada saat kondisi kering dan setelah direndam dalam air menunjukkan bahwa nilai tegangan tembus pada saat kondisi basah lebih kecil dibandingkan saat kondisi kering. Dari beberapa sampel yang diujikan saat kondisi kering terukur tegangan tembus berkisar 6.9 MV/cm sampai dengan 8.2 MV/cm dan pada saat kondisi basah tegangan tembus yang terukur berkisar 3.8 MV/cm sampai dengan 4.5 MV/cm, hasil ini mengindikasikan bahwa bahan isolasi Polyimide yang selalu berada dalam kondisi basah akan mengalami penurunan kualitas yang cukup signifikan. Perhatikan grafik dibawah ini:



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Tegangan Tembus Polyimide Saat Kondisi Kering dan Setelah Direndam

Penurunan kualitas bahan isolasi yang diindikasikan dengan menurunnya nilai tegangan tembus pada bahan Isolasi *Polyimide* menunjukkan bahwa kadar air pada bahan isolasi polyimide mempengaruhi nilai tegangan tembus bahan isolasi *Polyimide*.

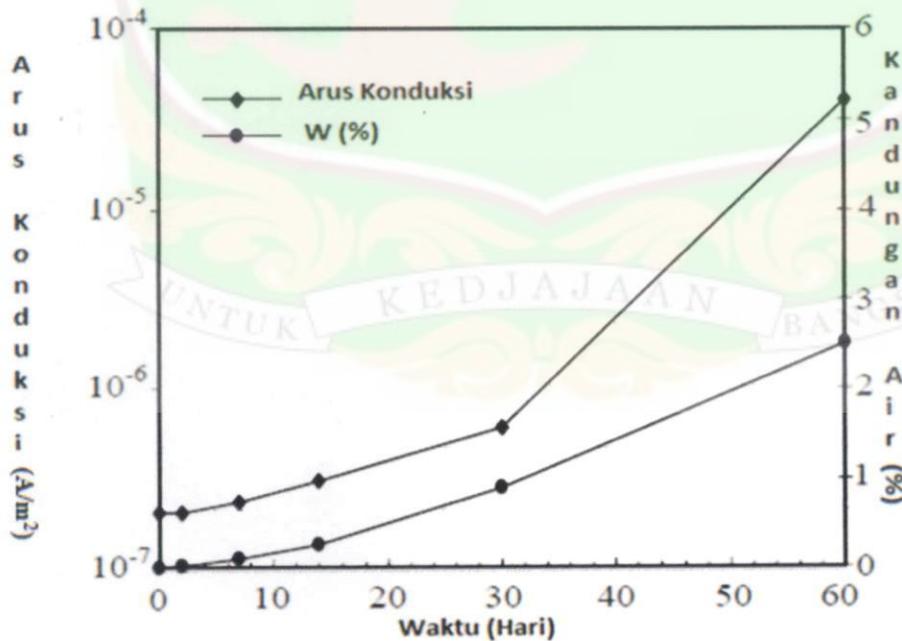
4.4 Kenaikan Arus Konduksi dan Kandungan Air Terhadap Lamanya Perendaman Bahan Isolasi *Polyimide*

Kandungan air yang terdapat pada bahan isolasi *polyimide* merupakan penyebab utama terjadinya penurunan kualitas bahan isolasi. Indikasi terjadinya penurunan kualitas bahan isolasi salah satunya adalah arus konduksi yang semakin besar, yang dapat menyebabkan tegangan tembus yang semakin cepat

atau nilainya semakin kecil. Sebagaimana kita ketahui air merupakan penghantar arus yang baik. Jadi jika kandungan air pada bahan isolasi polyimide semakin meningkat maka arus yang akan melewati polymer juga semakin mudah yang dapat menyebabkan titik kritis kegagalan isolasi juga semakin kecil.

Pada percobaan pengukuran arus ini menggunakan elektroda plat-plat dengan tegangan konstans sebesar 10 kV kemudian dihitung arus dan kandungan air pada hari ke 0, 2, 15, 30 dan hari ke 60. Hasil yang didapat terjadi kenaikan arus seiring terjadinya kenaikan kandungan air dan ini akan terus meningkat jika perendaman dilakukan lebih lama lagi.

Untuk mendapatkan besar arus densitas sampel maka perhitungan yang dilakukan adalah dengan membagi arus konduksi dengan luas penampang elektroda. Sehingga hasil yang didapat adalah dalam A/m^2 nilainya berkisar 10^{-7} A/m^2 sampai 10^{-4} A/m^2 hasil inilah yang dibandingkan dengan lamanya waktu perendaman air.



Gambar 4.4 Grafik Kenaikan Arus Terhadap Lamanya Waktu perendaman

Arus mengalami kenaikan seiring lamanya waktu perendaman bahan isolasi *Polyimide*. Dari perendaman bahan isolasi *polyimide* selama 60 hari ternyata polymer ini mengalami penurunan besarnya tegangan tembus yang cukup signifikan. Untuk daerah yang curah hujan tinggi penurunan kualitas isolasi seperti ini akan sangat mudah terjadi. Untuk itu perlu dilakukan tindakan selanjutnya apakah akan dilakukan penyerapan air pada bahan isolasi atau dilakukan penggantian pada bahan isolasi atau tindakan-tindakan lainnya yang dapat meningkatkan kualitas bahan isolasi *polyimide* pada daerah rawan hujan.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa yang dilakukan terhadap uji tegangan tembus bahan isolasi *Polyimide* pada kondisi setelah direndam dan kering, maka dapat diambil kesimpulan;

- Untuk pengukuran arus konduksi pada saat kondisi basah atau setelah direndam dalam air selama 60 hari didapatkan hasil bahwa arus saat kondisi basah mengalami kenaikan yang signifikan dari pada saat kondisi kering.
- Tegangan tembus bahan isolasi *Polyimide* mengalami penurunan nilai tegangan tembus pada saat kondisi setelah direndam. Penurunan ini cukup besar ketika kering berkisar 6.9 MV/cm sampai dengan 8.2 MV/cm dan pada saat kondisi basah tegangan tembus yang terukur berkisar 3.8 MV/cm sampai dengan 4.5 MV/cm
- Dari indikasi arus dan tegangan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa jika bahan isolasi *polyimide* mengalami kondisi basah dalam jangka waktu yang lama, maka bahan tersebut akan mengalami penurunan kualitas kekuatan dielektriknya.

5.2 Saran

Diharapkan untuk pengembangan lebih lanjut, perlu dilakukan pengujian dengan tegangan Tinggi AC.

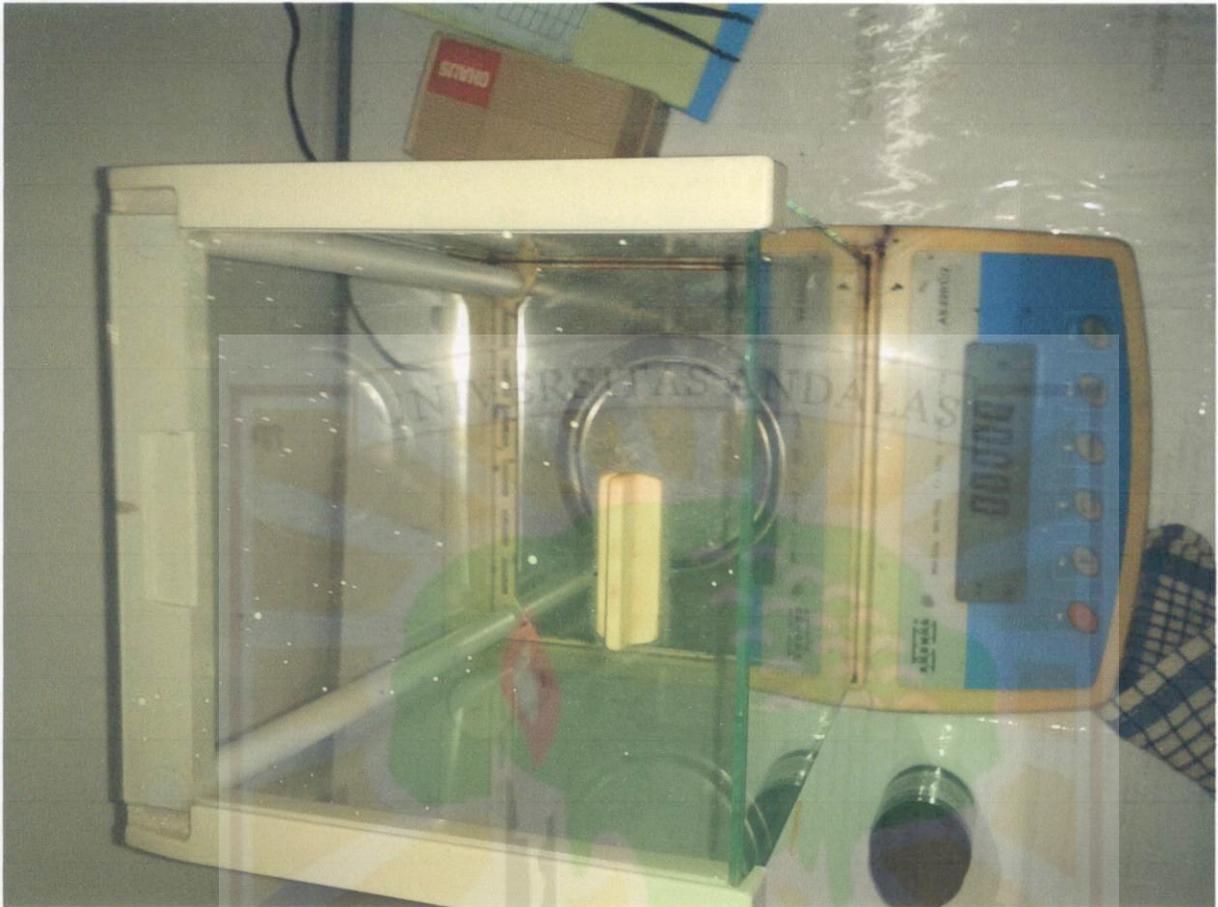
Daftar Kepustakaan

- [1] Boltshajser. T and H. Baltes, *Capacitive Humidity Sensors in SACMOS Technology with Moisture Absorbing Photosensitive Polyimide*, Physical Electronics Laboratory, ETH Ziirich, CH-8093 Zurich (Switxrland). 1991.
- [2] A,Syamsir., *Dasar Pembangkitan dan Pengukuran Teknik Tegangan Tinggi*, Salemba Teknika, Jakarta,2001.
- [3] Tanaka T: “Charge Transfer and Tree Initiation in Polyethylene Subjected to ac Voltage Stress”, IEEE Trans. on Elect. Insul.27, pp. 424-432, 1992.
- [4] P.HF Morshius: “Degradation of Solid Dielectrics due to Internal Partial Discharge: Some thoughts on progress made and where to go now”, IEEE Trans. on Dielect. And Elect. Insul. 12, pp. 905-913, 2005.
- [5] K Kaneko, T Ozaki, E Nakae and T Mizutani, “ Effect of space charge and conduction phenomena in Polyimide Films” 2005 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, pp 657-660, 2005.
- [6] Suwarno., *Pengenalan Pola Partial Discharge Untuk Diagnosis Isolasi Padat Tegangan Tinggi*, Seminar Nasional dan Workshop, ITB,Bandung, 7 – 8 Desember, 1998.
- [7] Suwarno, *Material Elektrotekni*, ITB, Bandung, September 1999.
- [8] Peschke, R., R von Olshausen., “*Cable systems for High and Extra-High Voltage*”, MCD Verlag Publicis, Berlin, October 1999.
- [9] Rudi,K., *Studi Pengaruh Temperatur Pada Karakteristik Pemohonan Listrik Dalam Polimer*, Tesis S-2, ITB, Bandung, 1998.

- [10] Suwarno., *Study on electrical treeing and partial discharge in Polymeric Insulating Materials*, A Dissertation for The Doctor Degree at School of Engineering, Nagoya University, Japan, 1996.

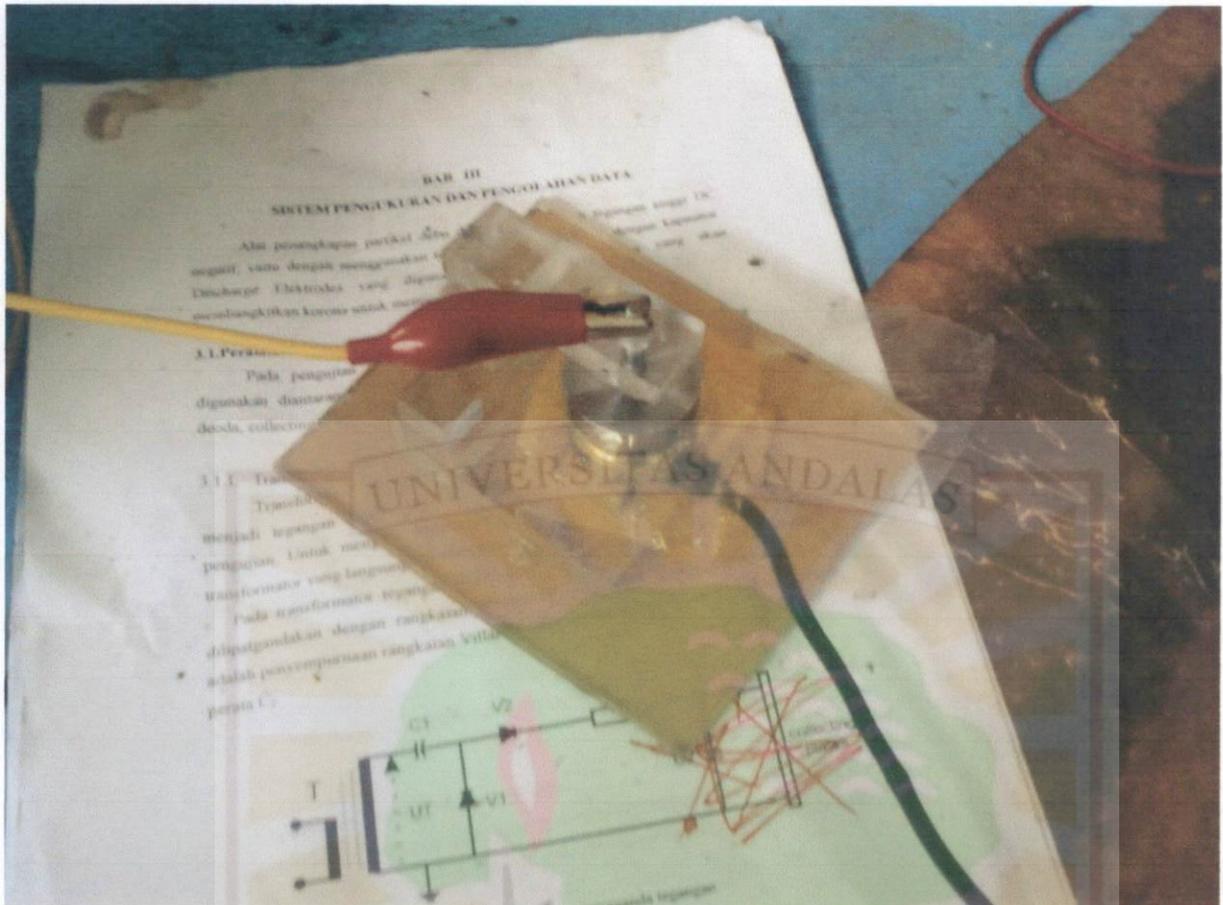


LAMPIRAN

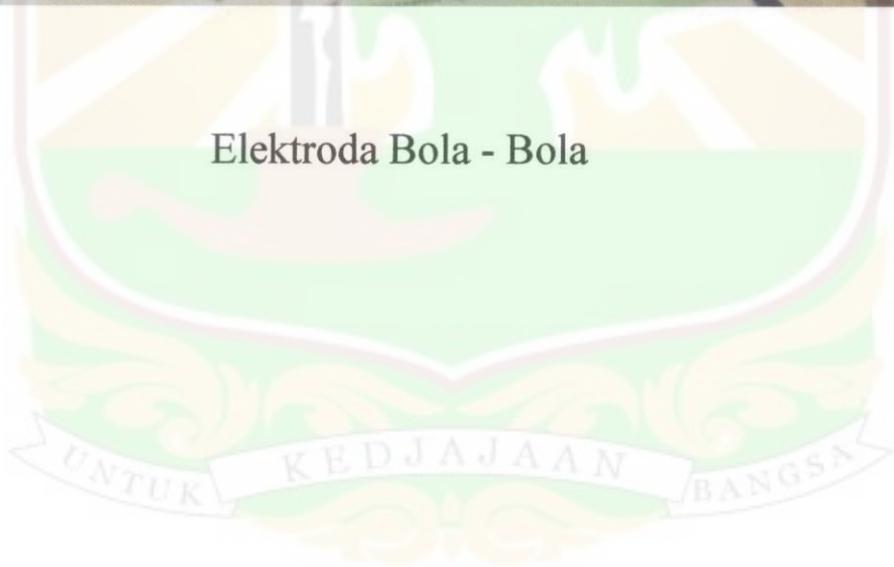


Timbangan Digital





Elektroda Bola - Bola





Proses Pengukuran

