

MONOGRAF

POLIMER RESIN EPOKSI
SEBAGAI
BAHAN ISOLATOR LISTRIK
TEGANGAN TINGGI



Moh Toni Prasetyo, ST, MEng, IPM

Penerbit Unimus Press

ISBN 978-623-6974-36-0



MONOGRAF

POLIMER RESIN EPOKSI
SEBAGAI
BAHAN ISOLATOR LISTRIK
TEGANGAN TINGGI



Penerbit Unimus Press

ISBN 978-623-6974-36-0



MONOGRAF

POLIMER RESIN EPOKSI SEBAGAI BAHAN ISOLATOR LISTRIK TEGANGAN TINGGI

Moh Toni Prasetyo, ST, M.Eng, IPM.

Penerbit :

Unimus Press



Undang-Undang RI No. 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta

Pasal 2 :

1. Hak cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak Ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut perundang-undangan yang berlaku.

Pasal 72 :

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

MONOGRAF

**POLIMER RESIN EPOKSI SEBAGAI
BAHAN ISOLATOR LISTRIK
TEGANGAN TINGGI**

Penulis:

Moh Toni Prasetyo, ST, M.Eng, IPM.

Desain sampul:

M. Gevin Abdillah

iii, 55 halaman, 15 x 23

Cetakan I, Agustus 2021

ISBN: 978-623-6974-36-0

Penerbit : Unimus Press

Jalan Kedungmundu Raya No. 18, Semarang 50273

Telp. Fax : 024 – 76740294



PRAKATA

Syukur alhamdulillah, segala puji bagi Allah atas limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga Monograf dapat diselesaikan dengan baik. Tak lupa, shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad karena berkat beliau kita mampu keluar dari jalan yang gelap menuju terang. Beliau juga telah membawa ajaran agama Islam yang membuat hati kita selalu sejuk, damai, dan aman, sebagai pedoman hidup yang akan selalu kita bawa sampai kapanpun.

Tujuan penulisan monograf dengan judul “Polimer Resin Epoksi Sebagai Bahan Isolator Tegangan Tinggi” ini adalah memberikan pengetahuan dan petunjuk dalam pengembangan bahan isolator listrik tegangan tinggi berdasar dari beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan.

Saya juga menyadari bahwa tidak ada satupun manusia yang ada dimuka bumi ini yang tidak pernah berbuat kekeliruan dan kesalahan. Untuk itu, saya memohon agar para pembaca yang budiman agar berkenan memberikan masukan-masukan demi meningkatkan kualitas kami agar supaya kedepannya semakin mampu menghasilkan karya-karya terbaik dan demi membuat para pembaca semakin puas dengan hasil karya saya.

Demikian monograf yang saya buat, semoga dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan dan inspirasi para pembaca. Terimakasih.

Semarang, 30 Juli 2021

Penulis

Moh Toni Prasetyo

DAFTAR ISI

PRAKATA	v	
DAFTAR ISI	vi	
BAB I PENDAHULUAN		
Latar belakang	1	
Rumusan Masalah	3	
Tujuan.....	4	
Manfaat.....	5	
.		
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		
Kajian Pustaka	6	
Landasan Teori	9	
BAB III METODOLOGI		15
BAB IV HASIL		25
BAB IV KESIMPULAN		34
BAB IV DAFTAR PUSTAKA		40

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik terdiri atas tiga bagian utama yaitu pusat pembangkit, saluran transmisi dan sistem distribusi. Sistem transmisi dan distribusi adalah sarana pengangkutan untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit sampai ke konsumen memerlukan suatu sarana pengangkutan.

Mengingat bahwa daya listrik dikirim dari pusat pembangkit ke pusat beban menggunakan saluran udara atau konduktor yang jaraknya sampai ratusan kilometer. Untuk meminimalkan rugi-rugi saluran, digunakan tegangan yang tinggi (beberapa ratus kV), maka diperlukan pula bahan isolasi untuk isolator yang mampu bekerja pada tegangan tinggi. Isolator berfungsi mengisolasi saluran tegangan dengan menara, atau saluran dengan saluran sehingga tidak terjadi kebocoran arus.

Isolator yang banyak digunakan untuk menggantung dan mengisolasi konduktor tegangan tinggi (sistem 20 kV, 150 kV, maupun 500 kV) terbuat dari bahan keramik dan gelas. Kelebihan bahan isolasi jenis ini adalah harganya yang cukup murah dibanding dengan polimer. Namun, bahan isolasi jenis ini memiliki kelemahan dari segi mekanis yaitu berat dan permukaannya yang bersifat menyerap air

(*hygroscopic*) sehingga lebih mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan lewat denyar (*flashover*).

Untuk mengatasi hal tersebut, maka sebagai alternative, digunakan bahan isolasi polimer. Salah satu contoh dari bahan isolasi polimer adalah resin epoksi.

Resin pertama hasil reaksi *epichlorohydrin* dan *bisphenol A* telah diproduksi secara komersial pada tahun 1947. Penggunaan bahan isolasi polimer resin epoksi *bisphenol A* yang dihasilkan dari reaksi *phenol* dan *acetone*, dengan bahan pengisi silica untuk isolator pasang luar, mula-mula diperkenalkan pada tahun 1950, tetapi setelah lama terpasang diluar, timbul retak pada permukaannya karena tidak tahan terhadap radiasi ultra violet.

Generasi berikutnya adalah isolator berbahan isolasi polimer jenis resin epoksi sikloalifatik (EST), yang dihasilkan dengan mencampur bahan dasar *diglycidyl ether bisphenol-A*, bahan pengeras (*hardener/curing*) asam *anhidrida*, dan bahan pengisi *alumuniumoksida trihidrat* (ATH), setelah lama terpasang diluar, dalam kondisi udara normal, unjuk kerjanya memuaskan, tetapi pada kondisi udara yang berpolusi, unjuk kerjanya menurun (Syakur, et.al, 2010) Kelemahan dari resin epoksi sikloalifatik tuang terletak pada bahan pengisinya *Alumunium oksida trihidrat*

(ATH) karena ketidakmurniannya, mengandung Natrium Oksida (Na_2O) dan Kalium Oksida (K_2O). Kedua oksida alkali tersebut jika bertemu dengan air, akan membentuk alkali hidroksida (NaOH dan KOH) yang merupakan elektrolit keras yang dapat mengganggu dielektrik EST

Tahun 2006, Rajini dan Kumar melakukan observasi mengenai diskriminasi pada pola penjejukan (*tracking*) permukaan pada polimer *ethylene propylene diene monomer* (EPDM) teradiasi gamma untuk mengidentifikasi pola penjejukan permukaan.

1.2 Rumusan Masalah

Hal yang telah diuraikan sebelumnya memberikan motivasi peneliti untuk memberikan pengisi batu alam yang banyak mengandung silika dengan penerapan silane pada resin epoksi dan menggunakan kompatibiliser *polyethylene* dengan mengaplikasikan standar **IEC 587 : 1984** untuk mengevaluasi resistansi penjejukan (*tracking*) dan erosi bahan isolasi polimer tersebut.

Penelitian yang dilakukan adalah berbeda dengan penelitian yang telah dibahas sebelumnya, dalam hal:

1. Bahan yang akan diteliti adalah isolasi polimer RTV (*Room Temperature Vulcanized*) resin epoksi dengan bahan-bahan pengeras atau pematangan (*curing agent*)

metaphenylene diamine (MPDA) dan dasar *diglycidyl ether bisphenol-A* (DGEBA), silane, dan diisi *filler* serbuk batu alam yang bersilika, dengan nilai konsentrasi 40% dan ditambah kompatibiliser *polyethylene* dengan nilai yang bervariasi. Variasi ini dikaji pengaruhnya terhadap nilai sudut kontak, bentuk gelombang arus bocor, dan degradasi permukaan yang diakibatkan proses penjejakan dan erosi serta waktu penjejakannya.

2. Penelitian dilakukan di laboratorium UGM menurut standar IEC587 : 1984 untuk mengevaluasi karakteristik arus bocor pada permukaan isolator resin epoksi.
3. Parameter ukur yang diteliti adalah sudut kontak hidrofobik, arus bocor permukaan, dan degradasi permukaan akibat proses penjejakan dan erosi. Variable atau parameter ukur ini belum dipelajari pada penelitian terdahulu, terutama untuk variasi *stoikiometri* resin epoksi dengan pengisi yang mengandung batu alam bersilika dan kompatibiliser penggunaan standar IEC 587: 1984.

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh nilai konsentrasi pengisi batu alam bersilika tinggi, *silane*, dan *polyethylene* sebagai

kompatibiliser pada komposit polimer resin epoksi terhadap sudut kontak bahan resin epoksi, karakteristik arus bocor, waktu penjejakan, pola penjejakan dan degradasi permukaan isolator resin epoksi.

2. Mengetahui hubungan antara variasi konsentrasi pengisi (*filler*), sudut kontak dan waktu penjejakan pada polimer.
3. Mengetahui komposisi nilai konsentrasi *polyethylene* sebagai kompatibiliser dengan pengisi batu alam bersilika tinggi *silane* sebagai *filler* pada komposit polimer resin epoksi yang mempunyai kinerja optimal terhadap proses penjejakan dan erosi

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian bermanfaat bagi masyarakat sebagai berikut :

1. Hasil penelitian ini sebagai prototipe komposit bahan isolator listrik tegangan tinggi.
2. Hasil penelitian berupa perbaikan atau penyempurnaan rancangan bahan komposit isolasi polimer resin epoksi untuk isolator, terutama karakteristik dan kinerja kelistrikan yang diharapkan dapat dikuasai dan dipabrikasikan di Indonesia.

3. Menambah pengayaan bahan ajar Material Teknik Elektro.
4. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan tim manajemen produsen tenaga listrik untuk menghasilkan keandalan sistem tenaga listrik yang optimal melalui rekayasa material listrik.
5. Pemanfaatan sistem ini akan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik sehingga dapat menguntungkan pihak konsumen/masyarakat pengguna listrik.
6. Hasil penelitian ini akan dijadikan referensi untuk penelitian keandalan bahan polimer resin epoksi untuk bahan isolator listrik yang lebih lanjut.

BAB 2. TINJUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Bahan isolasi yang biasa digunakan pada isolator udara yang dioperasikan pada tegangan tinggi adalah bahan porselin, bahan gelas, serta bahan polimer komposit (*composite*). Isolator komposit (*composite isolator*) telah digunakan di beberapa negara lebih dari tiga dekade sebagai alternatif pengganti isolator porselin dan gelas. Isolator komposit menunjukkan performansi yang bagus pada beberapa kondisi, terutama untuk daerah berpolusi (Prasetyo, MT, 2014)

Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh bahan polimer:

1. Ringan, dibanding keramik ataupun gelas, sehingga mudah dalam penanganan maupun instalasi.
2. Lebih mudah dibentuk.
3. Tahan terhadap polusi, karena bahan polimer mempunyai sifat hidrophobik (menolak air) yang baik, Sehingga air atau kotoran lainnya akan sukar menempel pada permukaannya meskipun dioperasikan pada kondisi lingkungan yang berpolusi, sehingga isolator polimer mempunyai ketahanan tegangan lewat denyar (*flashover*) yang baik.
4. Waktu pembuatan lebih singkat dibanding dengan isolator porselin, namun tidak mengurangi performansinya.
5. Tidak terdapat lubang karena pembuatannya, karena sifat polimer yang berbeda dengan porselin dalam hal pembuatannya. Sehingga memungkinkan tidak terjadi tembus internal.

Sedangkan kekurangan yang dimiliki oleh isolator polimer adalah:

1. Penuaan/degradasi pada permukaannya (*surface ageing*), stress yang disebabkan antara lain karena korona, radiasi UV (ultra violet) atau zat kimia yang dapat menyebabkan

reaksi kimia pada permukaan polimer (penuaan) yang dapat menghilangkan sifat hidrofobiknya.

2. Kekuatan mekaniknya kecil
3. Kompabilitas material, produk polimer mempunyai antar muka (*interface*) lebih dari satu sumbu bergantung pada fungsi dan desainnya. Apabila terdapat banyak *interface* menyebabkan pengaruh penting pada perekatnya. Oleh karena itu harus diketahui dengan jelas sebelum menggunakan polimer, sebab dapat menimbulkan korosi atau retakan apabila formulasinya tidak sesuai.

Sampai saat ini telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan isolasi polimer resin epoksi. Tahun 2007, Eklund melakukan penelitian mengenai hilang dan pulihnya sifat hidrofobik isolator resin epoksi.

Banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan isolasi polimer menggunakan standar IEC 587 : 1984 untuk mengevaluasi resistansi penjejakan (*tracking*) dan erosi (British standard, BSI, 1982)

Kekuatan polimer resin epoksi dilihat dari pengaruh polutan terhadap degradasi permukaan sudah dilakukan beberapa peneliti, diantaranya pada tahun **2018, Prasetyo, MT** menggunakan filler batu alam bersilika dan *silane*

dengan komposisi yang paling optimal pada konsentrasi filler 40%.

Dalam penelitian ini dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik bahan polimer resin epoksi melalui proses penjejukan dan erosi sesuai standar IEC 587 : 1984. Penelitian ini dilakukan pada resin epoksi dengan perbandingan MPDA, DGEBA adalah 1:1, dan bahan pengisi (batu silika dan *silane*) dengan nilai persentasenya 40% ukuran sampel 120 x 50mm. Variasi nilai *Polyethylene* dicampur sebagai kompatibiliser bahan komposit.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Material Isolasi

Isolasi adalah sifat bahan yang berfungsi dapat memisahkan secara elektrik dua buah atau lebih penghantar listrik bertegangan yang berdekatan, sehingga tidak terjadi kebocoran arus, lompatan api (*flashover*), ataupun percikan api (*sparkover*). Sedangkan isolator adalah alat yang dipakai untuk mengisolasi atau penyekatan. Kemampuan bahan isolasi untuk menahan tegangan disebut kekuatan dielektrik, semakin tinggi kekuatan dielektrik bahan isolasi semakin baik dipakai, terutama pada peralatan listrik tegangan tinggi. Kekuatan dielektrik dari bahan isolasi sangat penting dalam hal menentukan kualitas isolator yang nantinya akan mendukung keseluruhan sistem tenaga listrik.

2.2.2. Resin Epoksi

Resin epoksi adalah golongan polimer *thermoset* dimana campuran dua komponen yang akhirnya berbentuk seperti kaca pada temperatur ruang yang mempunyai sifat isolasi listrik yang layak dan juga mempunyai kekedapan air yang tinggi.

Resin epoksi sudah menjadi bagian penting dari material isolasi khususnya dalam bidang kelistrikan karena jenis polimer ini sudah dikenal lebih dari 60 tahun. Resin epoksi adalah isolator listrik yang baik dan melindungi komponen listrik dari arus pendek, debu dan kelembaban.

Resin epoksi memiliki karakteristik: sifat kekentalan rendah, mudah dibentuk, penyusutan yang rendah, tingkat kekerasan tinggi, sifat mekanik tinggi, isolasi listrik yang tinggi serta ketahanan kimia yang baik.

Resin epoksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil pematangan epoksi resin *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) dan *Metaphenylenediamine* (MPDA) dengan pengisi *silane* (lem kaca) dan batu alam bersilika yang diberi kompatibiliser *polyethylene*.

2.2.3. Bahan Pengisi Batu Alam Bersilika

Batu alam Muria merupakan batu yang banyak mengandung kristal kuarsa (SiO_2) yang digunakan sebagai bahan *filler*/pengisi tambahan yang merupakan jenis batu

alam yang mengandung banyak unsur silica (Si). Batu ini biasanya digunakan dalam industri gelas dan keramik. Dari hasil uji pada **UPT** Laboratorium Terpadu UNDIP, kandungan silica dioksida (SiO_2) mencapai 86,34% dari jumlah keseluruhan sampel batu dan karbon (C) 13,66%.

Penambahan pengisi serbuk batu alam bersilika ini akan memperbaiki sifat fisik bahan sehingga akan dihasilkan bahan yang tak mudah lentur dan rapuh.

2.2.4. Silicone Rubber

Silicone rubber merupakan *polymer synthetic* yang relatif baru penggunaannya sebagai bahan isolasi dalam bidang teknik listrik dibanding dengan polymer lainnya seperti resin epoksi, atau *polyethylene*. Kepopuleran bahan ini dibanding dengan bahan keramik/porselin dan jenis polimer lainnya karena memiliki sifat hidrofobik yang tinggi, bahkan mampu memulihkan dan memindahkan sifat hidrofobiknya sehingga pada kondisi lembab tidak terbentuk lapisan air yang kontinyu sehingga konduktivitas permukaan isolator tetap rendah, dengan demikian arus bocor sangat kecil (**Gao, YF, 2018**). Selain itu memiliki sifat dielektrik yang baik, sangat ringan, tahan gempa, mudah penganannya dan pemasangannya.

Silicone rubber adalah bahan yang tahan terhadap temperatur tinggi, yang biasanya digunakan untuk isolasi kabel dan bahan isolator tegangan tinggi. Sifat fisik bahan ini dapat diperbaiki dengan mencampurkan bahan pengisi seperti pasir silika. *Silicone rubber* ini aman digunakan pada temperatur -55°C sampai 200°C . Bahan ini memiliki hambatan yang baik terhadap ozone, korona dan air. Bahan ini juga memiliki ketahanan yang baik terhadap alkohol, garam dan minyak.

2.2.5. *Kompatibiliser polyethylene*

Bahan ini umumnya digunakan dalam campuran, dimana terjadi interaksi antar molekul antara komponen campuran bersifat kimia di alam. Kompatibiliser membantu meningkatkan dispersi yang lebih baik (penyebaran campuran yang lebih baik) dari komponen campuran menghasilkan interaksi kimia yang lebih baik antara komponen campuran. Kompatibiliser yang digunakan untuk polimer antara lain adalah polypropylene dan polyethylene. (Hesty Eka Mayasari, et.al., 2017).

2.2.6. Sudut Kontak Hidropobik

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air yang ditetaskan ke

permukaan bahan uji. Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik. Sifat hidrofobik merupakan suatu karakteristik bahan isolasi, dalam keadaan terpolusi, bahan masih mampu bersifat menolak air yang jatuh di permukaannya (**Hsiao, 2011**). Sifat hidrofobik berguna untuk isolasi pasangan luar karena dalam keadaan basah atau lembab tidak akan terbentuk lapisan air yang kontinu pada permukaan isolator, sehingga permukaan isolator tetap memiliki konduktivitas yang rendah, akibatnya arus bocor sangat kecil.

Para peneliti mengklasifikasikan permukaan material dengan kuantitas sudut kontak yaitu permukaan material sangat basah (hidrofilik) bila sudut kontak cairan pada permukaannya lebih kecil dari 30° . Bila sudut kontak antara 30° sampai dengan 89° , permukaan material disebut basah sebagian (*partially wetted*). Sudut kontak lebih dari 90° disebut hidrofobik atau bersifat menolak air.

2.2.7. Isolasi Terpolusi dan Arus Bocor

Dilihat dari lokasi pemasangan, isolator, terdiri dari isolator pasangan dalam dan isolator pasangan luar. Sebagian besar material isolasi tegangan tinggi digunakan untuk isolator pasangan luar. Kinerja suatu isolator sangat

dipengaruhi kondisi lingkungan dimana isolator ditempatkan, terutama bagi isolator pasangan luar. Pengaruh lingkungan seperti adanya perubahan suhu, iklim, radiasi sinar matahari, polusi udara, dan sebagainya akan menentukan kinerja dan umur isolator.

Polutan yang terkandung di udara dapat menempel pada permukaan isolator dan berangsur-angsur membentuk suatu lapisan tipis pada permukaan isolator. Unsur polutan yang paling berpengaruh terhadap unjuk kerja isolator adalah garam yang terbawa oleh angin laut. Lapisan garam ini bersifat konduktif terutama pada keadaan cuaca lembab, kabut, maupun hujan gerimis. Di saat kondisi cuaca demikian, akan mengalir arus bocor dari kawat fasa ke tanah melalui lapisan konduktif yang menempel pada permukaan isolator maupun pada tiang penyangga.

Apabila tegangan yang harus ditahan sebuah isolator melebihi dari kemampuannya maka akan terjadi aliran arus yang disebut dengan arus bocor.

Arus bocor permukaan bahan isolasi dari isolator saluran udara pasangan luar, tergantung dari kondisi polutan yang menyebabkan kontaminasi permukaan. Selain itu juga tergantung pada iklim dan kondisi cuaca. Pembasahan lapisan polutan oleh cuaca lembab, butir-butir air, pembasahan air hujan yang rintik-rintik, mengakibatkan elektrolit yang

konduktif, sehingga resistansi permukaan akan menjadi kecil, dan menyebabkan arus bocor permukaan

Analisis arus bocor (*leakage current*) diselidiki berdasarkan pada bentuk gelombang dan durasi peluahan listrik secara signifikan mempengaruhi kinerja bahan isolasi secara keseluruhan. Oleh karena itu, identifikasi sifat arus bocor ini dapat digunakan untuk deteksi dini kegagalan isolator tegangan tinggi (**Prasetyo, MT, 2012**).

BAB 3. METODOLOGI

Standar ini menggambarkan dua metode tes untuk mengevaluasi material isolator listrik untuk penggunaan dibawah beberapa kondisi ambang pada frekuensi daya (48Hz sampai 62Hz) dengan pengukuran hambatan *tracking* dan erosi, menggunakan kontaminan cair dan bahan uji.

Jejak (*track*) adalah jalur konduksi sebagian yang terbentuk karena pemburukan lokal permukaan material isolasi. Penjejakan (*tracking*) adalah proses yang memproduksi jejak(*track*) sebagai hasil aksi peluahan listrik pada material isolator yang terkontaminasi. Erosi adalah jalan yang dilalui listrik pada material isolator karena aksi peluahan elektrik. Pada bahan polimer resin epoksi yang atom karbon dalam struktur molekul, peluahan listrik menyebabkan terjadinya karbonisasi dan penguapan

dipermukaan bahan isolasi, sehingga terjadi “jalur karbon” permanen.

Proses ini kumulatif dan berkesinambungan, dan kegagalan isolasi terjadi ketika jalur terkarbonisasi terbentuk antara elektroda. Fenomena ini disebut “penjejakan permukaan”. Oleh karena itu, proses penjejakan dan pola erosi pada resin epoksi dianalisis dari jalur atau jejak (*track*) karbon yang terbentuk dipermukaannya.

Dua kriteria untuk menentukan titik akhir dari pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

Kriteria A:

Titik akhir dicapai ketika nilai dari arus pada rangkaian tegangan tinggi yang melalui bahan telah melampaui 60 mA.

Kriteria B:

Titik akhir diperoleh ketika jejak (*track*) pada permukaan bahan uji telah mencapai 25 mm dari elektroda tegangan rendah.

3.1. Bahan Penelitian

1. Isolator polimer, material resin epoksi dengan perbandingan MPDA : DGEBA : *Silane* : Batu alam : *Polyethylene* (PE) dalam persentase.

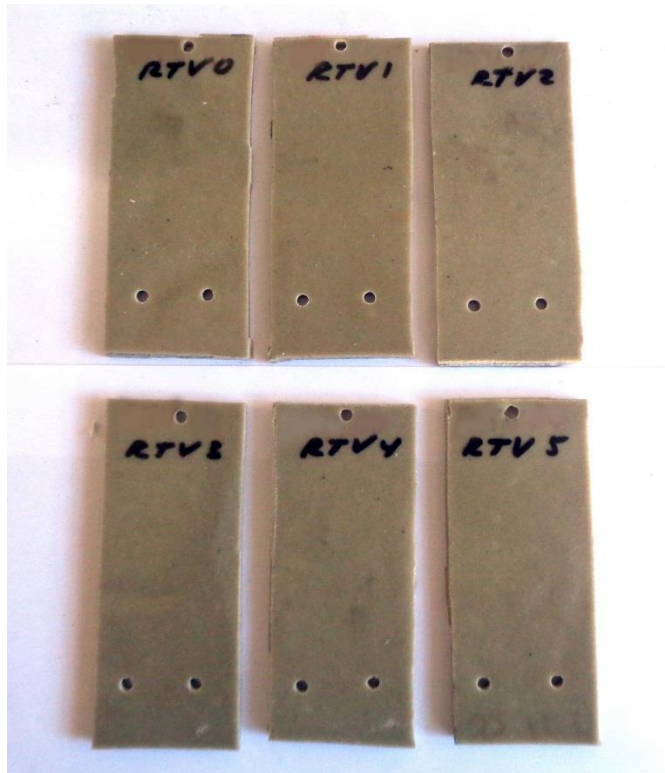
Bahan inti resin epoksi MPDA : DGEBA dengan perbandingan 1 : 1. Konsentrasi bahan pengisi/*filler* batu alam dan *silane* mengacu pada komposisi yang

optimal yakni 40%. *Polyethylene* sebagai kompatibiliser ditambahkan dengan variasi nilai konsentrasi.

Tabel 1. Komposisi campuran resin epoksi, *silane*, batu alam dan *polyethylene*

No	Kode	Bahan Campuran (%)				
		DGEBA	MPDA	<i>Silane</i>	Batu alam	<i>Polyethylene</i>
1	RTV 0	30	30	20	20	0
2	RTV 1	29,7	29,7	19,8	19,8	1
3	RTV 2	29,4	29,4	19,6	19,6	2
4	RTV 3	29,1	29,1	19,4	19,4	3
5	RTV 4	28,8	28,8	19,2	19,2	4
6	RTV 5	28,5	28,5	19	19	5

Untuk membuat bahan uji diperlukan beberapa proses untuk dapat disesuaikan dengan sistem pengujiannya. Proses pembuatannya meliputi proses pencampuran dan pengadukan, penuangan, pencetakan, pengeringan, pemotongan, dan pengamplasan. Proses pencampuran dan pengadukan menggunakan sistem pemvakuman, sehingga bisa didapatkan hasil komposit yang berkurang *void*-nya.



Gambar 1. Bahan uji (komposit resin epoksi) dengan *filler* batu dan *silane* yang dibuat dengan variasi nilai konsentrasi kompatibiliser

2. Kontaminan berupa NH_4Cl .
3. Air destilasi.

3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

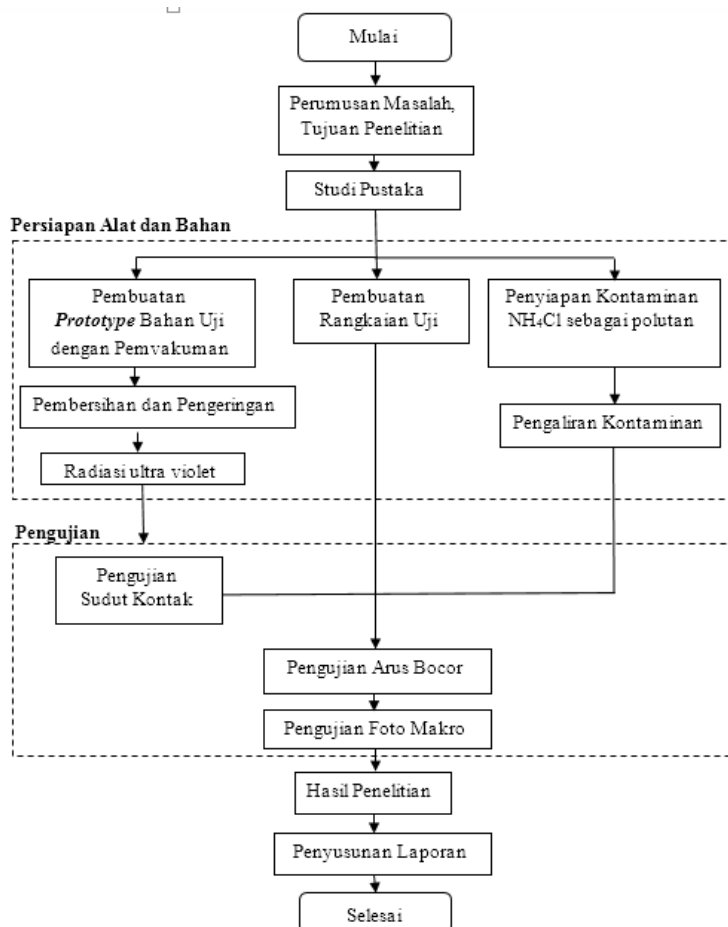
1. Elektrodategangan tinggi dan elektroda pentanahan.
2. Transformator (pembangkit tegangan tinggi) AC 3,5 kV.

3. Pompa peristaltic (*peristaltic pump*).
4. Alat ukur, *oscilloscope* dan *multy tester*.
5. Kamera foto *digital*.
6. Seperangkat komputer.
7. Seperangkat lampu sebagai sumber cahaya tambahan.
8. Pipet tetes.
9. Busur derajat dua sisi.

3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan dengan standar prosedur penelitian sesuai dengan diagram alir penelitian pada gambar 1.

Pengujian meliputi pengujian sudut kontak, pegujian arus bocor, dan pengujian degradasi permukaan.



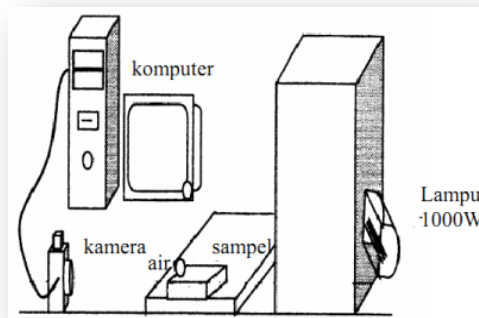
Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.3.1 Pengujian Sudut Kontak

Pengujian sudut kontak ini dimaksudkan untuk menentukan sifat permukaan bahan isolasi resin epoksi, bersifat hidrofobik atau hidrofilik. Sudut hidrofobik

mencerminkan sifat kedap air dari permukaan bahan, semakin besar sudut hidrofobik, maka semakin baik sifat bahan untuk dapat menahan air tidak masuk ke dalam bahan isolator.

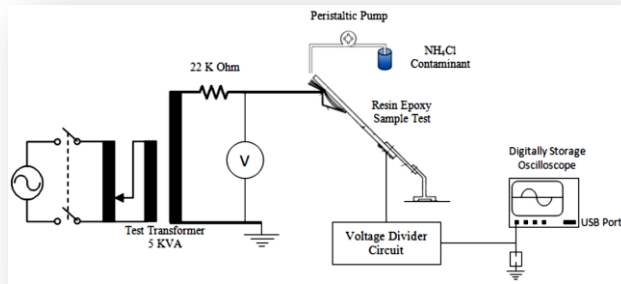
Pengukuran sudut hidrofobik dilakukan pada beberapa sampel yang mewakili masing-masing konsentrasi resin epoksi.



Gambar 3. Rangkaian pengujian sudut kontak

3.3.2 Pengujian Arus Bocor

Pengujian arus bocor yang dihasilkan proses *tracking* dan erosi dari isolator polimer resin epoksi terkontaminasi dilakukan melalui langkah-langkah yang sistematis. Rangkaian penelitian bisa dilihat pada gambar 4.

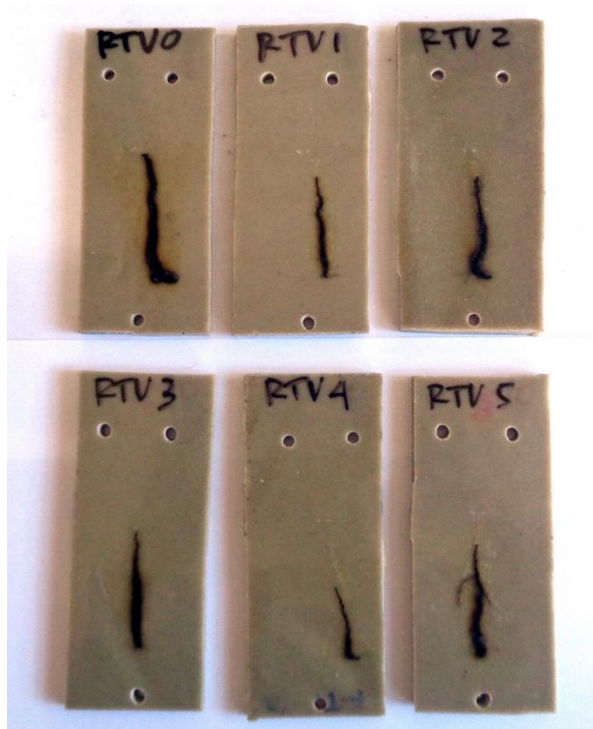


Gambar 4. Rangkaian pengujian arus bocor

3.3.3. Pengujian Degradasi Permukaan

Proses pengukuran degradasi permukaan bahan dilakukan dengan menggunakan foto mikro yang hakekatnya merupakan pengamatan terhadap perubahan struktur permukaan bahan uji, dengan prosedur kerja yang sudah ditentukan.

Hasil degradasi permukaan resin epoksi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Sampel komposit yang telah *break down* dan mengalami degradasi setelah pengujian

3.4. Variabel Penelitian

Metode untuk mengkaji degradasi isolasi polimer epoksi resin yang digunakan sebagai material isolator tegangan tinggi akibat proses penjejakan dan erosi, merupakan metode baru yang telah dibahas pada landasan teori. Dari metode ini akan diketahui model matematis

hubungan nilai konsentrasi dan sudut kontak terhadap waktu penjejakan.

Pada penelitian ini, tegangan yang diterapkan adalah tetap, 3.5 kV. Isolator dinyatakan sudah habis waktu (umur) pelayanannya ketika tegangan lewat denyar yang dihasilkan sama dengan nilai tegangan yang diaplikasikan. Oleh karena itu, tegangan lewat denyar (*flashover*) ini tidak dapat dijadikan sebagai variabel respon. Waktu penjejakan (*tracking*) dipermukaan yang menjadi variabel respon.

Model matematis degradasi penuaan pada isolasi dapat dijabarkan dengan model statistik model regresi dengan data penelitian yang dilakukan pada sampel RTV0, RTV1, RTV2, RTV3, RTV4 dan RTV5 sebanyak $n=3$. Model matematis degradasi penuaan dapat dijabarkan dengan model statistik model regresi ganda dengan asumsi pengambilan data setiap kinerja satu sampel atau secara terpisah.

Regresi linear berganda dapat dimodelkan dengan menghitung, sekaligus menyelidiki hubungan antara parameter nilai konsentrasi $X_1 = nk$ dan sudut kontak $X_2 = \theta$ atau variabel prediktor dengan parameter ukur kinerja atau respon $Y_i = t = \text{waktu penjejakan}$.

3.5. Analisis Data

Dari data penelitian yang didapatkan maka dapat dilihat pengaruh variabel nk (nilai konsentrasi) dan θ (sudut

kontak) terhadap kontribusi secara signifikan terhadap variabel respon t (waktu penjejakan). Dapat pula diambil kesimpulan bahwa variabel nk (nilai konsentrasi) dan θ (sudut kontak) apakah saling mempengaruhi, dengan kondisi variabel nk (nilai konsentrasi) berbanding lurus terhadap θ (sudut kontak).

BAB 4. HASIL YANG DICAPAI

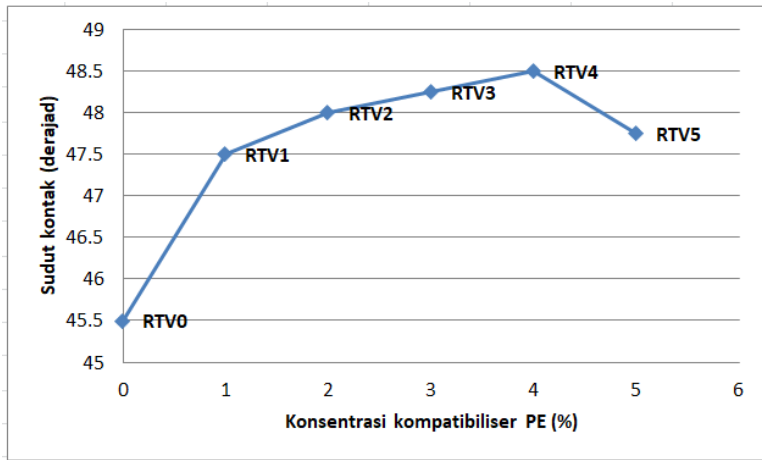
4.1 Pengujian Sudut Kontak Hidropobik

Besarnya sudut kontak permukaan bahan terhadap tetesan cairan diperoleh berdasarkan hasil pengamatan langsung melalui pemotretan kamera digital yang kemudian disimpan pada komputer. Hasil pemotretan diolah menggunakan *software Image Pro Plus* untuk mendapatkan sudut kontak pada sisi kanan dan sisi kiri sampel uji yang diukur.

Hasil pengukuran dan perhitungan sudut kontak hidrofobik bahan uji resin epoksi silane terhadap variasi komposisi bahan pengisi dengan polutan NH_4Cl dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2. Hasil Pengujian sudut kontak

Kode Sampel	Sampel	Sudut Kontak Kiri (°)	Sudut Kontak Kanan (°)	Sudut Kontak (°)
RTV 0	1	46	42	44
	2	49	42	45.5
	3	44	45	44.5
	4	42	45	43.5
RTV 1	1	50	45	47.5
	2	47	47	47
	3	42	44	43
	4	45	46	45.5
RTV 2	1	54.5	41.5	48
	2	43	47	45
	3	45	46	45.5
	4	47	46	46.5
RTV 3	1	46.5	50	48.25
	2	47	53	50
	3	51	50	50.5
	4	40	56	48
RTV 4	1	50.7	43.47	47.085
	2	47	50	48.5
	3	45	50	47.5
	4	50	47	48.5
RTV 5	1	48	47.5	47.75
	2	42	47	44.5
	3	46	48	47
	4	48	45	46.5



Gambar 6. Grafik hubungan sudut kontak dan konsentrasi kompatibeliser komposit resin epoksi

Dari data hasil pengujian dan gambar grafik 6 dapat dilihat bahwa komposit resin epoksi yang digunakan pada penelitian ini bersifat basah sebagian (*partially wetted*). Nilai sudut kontak berkisar antara 46° sampai 49° yang bisa dikategorikan bersifat *partially wetted* (basah sebagian). Sudut kontak yang paling besar adalah resin epoksi RTV4. Sifat hidrofobik pada material resin epoksi didapatkan dari pengisinya yaitu *silane* yang memiliki karakteristik menolak air dan efek dari penambahan *polyethylene* sebagai kompatibeliser komposit.

4.2 Hasil Pengujian Arus Bocor

Bahan uji ditempatkan dengan sudut kemiringan 45°. Pada penelitian ini, polutan NH_4Cl , dan polutan Pantai Parangtritis dengan kecepatan 0,3 ml/menit mengalir di permukaan bahan uji melalui kertas saring 8 layer yang dijepitkan di antara bahan uji dan elektroda atas menuju ke bawah. Elektroda atas diterapkan tegangan AC 3,5 kV.

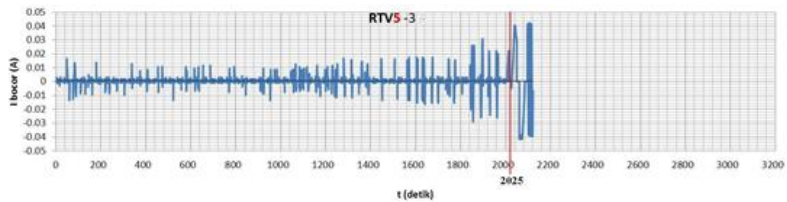
Hasil pengujian arus bocor ini ditunjukkan oleh gambar gelombang tegangan pada osiloskop. Nilai gelombang tegangan ini merupakan tegangan masukan osiloskop dari rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan diperlukan untuk mengatasi input tegangan besar masuk ke dalam osiloskop. Besarnya nilai arus bocor dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$I_1 = 0,0240735 V_{CF} \quad \dots 1$$

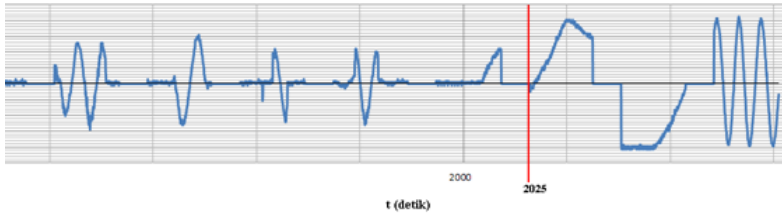
dengan : I_1 = arus bocor (A)

V_{CF} = tegangan yang terbaca di osiloskop (V).

Hasil pengujian arus bocor komposit resin epoksi dengan nilai konsentrasi pengisi 40% dan penambahan kompatibiliser sebagai berikut:



a)



b)

Gambar 7. a) Hasil pengujian arus bocor komposit resin epoksi RTV5 sampel 3
b) Hasil pembesaran 10x *range* saat sebelum *breakdown*

Berdasarkan gambar 6, dapat disimpulkan bahwa terjadi lucutan muatan (*flashover*) pada detik ke-50. Pelucutan muatan ini ditandai dengan adanya perubahan magnitude arus bocor secara mendadak. Pelucutan muatan ini terjadi hingga berkali-kali, kemudian terjadi kegagalan isolasi yang ditandai dengan gelombang sinusoidal arus bocor pada detik ke-2025. Gelombang sinusoidal ini menunjukkan bahwa telah terjadi jalur konduksi utuh dari elektroda tegangan tinggi ke elektroda pentanahan.

Hal yang serupa juga terjadi pada variasi nilai konsentrasi yang lain, tetapi yang berbeda pada frekuensi dan waktu terjadinya *flash over* sampai terjadinya *breakdown*.

Waktu pengujian arus bocor untuk polutan NH_4Cl dapat dilihat pada tabel berikut:

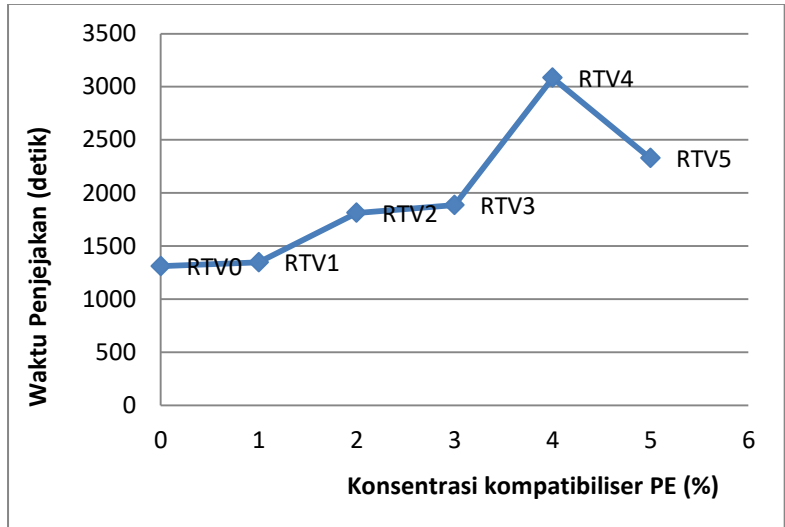
Tabel 3. Waktu penjejakan permukaan

% pengisi	waktu awal <i>flash over</i> (s)	waktu <i>breakdown</i> (s)	waktu, <i>t</i> <i>penjejaakan</i> (s)
0%	62	1385	1309
	20	436	412
	47	1031	1371
1%	11	650	650
	26	1383	1346
	180	1389	1212
2%	36	1209	1153
	300	1855	1811
	301	1930	1618
3%	526	1350	757
	45	1941	1885
	69	1710	1625
4%	47	3141	3083
	37	312	236
	180	1943	1967
5%	55	405	346
	7	2347	2327
	50	2025	1965

Dari hasil pengujian, dapat pula diperoleh waktu penjejakan rata-rata masing - masing konsentrasi pengisi resin epoksi. Hubungan antara waktu penjejakan rata - rata

dan nilai konsentrasi komposit resin epoksi dapat dilihat pada Gambar 8.

Dari hasil pengujian, dapat pula diperoleh waktu penjejukan rata-rata masing - masing konsentrasi pengisi resin epoksi. Hubungan antara waktu penjejukan rata - rata dan nilai konsentrasi komposit resin epoksi dapat dilihat pada Gambar 8.



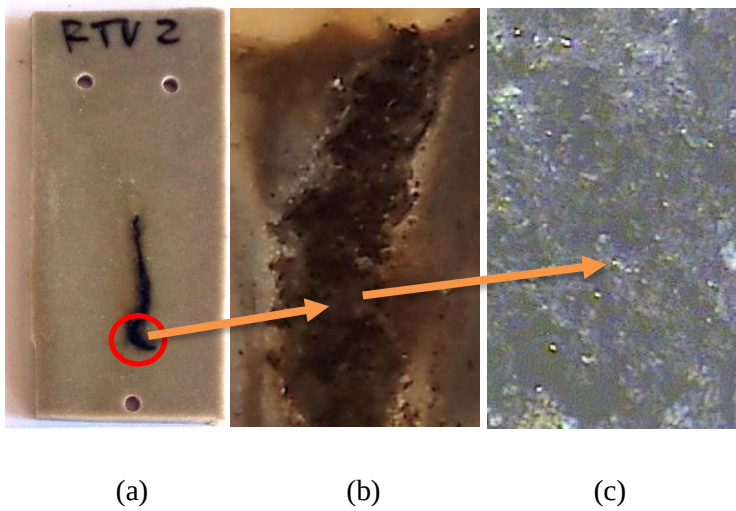
Gambar 8. Grafik hubungan waktu penjejukan dengan konsentrasi kompatibiliser

Dari gambar 8 diatas, dapat dilihat bahwa kenaikan nilai konsentrasi kompatibiliser komposit resin epoksi dengan filler batu alam bersilika dan *silane* sebesar 40% cenderung

menyebabkan kenaikan waktu penjejakan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kompatibiliser komposit resin epoksi maka proses terjadinya jalur konduksi dan jalur karbon pada permukaan bahan isolasi akan cenderung semakin lambat, sehingga dapat memperlambat terjadinya degradasi permukaan. Nilai konsentrasi kompatibiliser yang paling tinggi adalah 4%. Pada konsentrasi kompatibiliser *polyethylene* dinaikkan menjadi 5% terjadi penurunan waktu penjejakan, hal tersebut disebabkan karena terjadi kejenuhan konsentrasi kompatibilitas komposit.

4.3. Hasil Pengujian Degradasi Permukaan

Untuk mengetahui degradasi permukaan dalam bentuk erosi, keretakan dan pengapuran diperlukan suatu cara untuk mengkarakterisasi permukaan. Salah satu metode yang digunakan untuk keperluan ini adalah teknik foto makro.



Gambar 9. Hasil foto (a) tanpa pembesaran (b) makro10x dan (c) makro 3x dari permukaan sampel komposit resin epoksi RTV 5

Hasil foto makro permukaan sampel komposit resin epoksi yang digunakan pada penelitian ini menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan struktur pada permukaan komposit isolator resin epoksi. Timbulnya bintik putih disebabkan terbakarnya unsur *silane*. Arang karbon yang terbentuk tidak terlalu banyak dikarenakan ada banyaknya unsur silika pada fillernya dan didukung dengan penambahan unsur kompatibilitas *polyethylene* yang juga merupakan sebagai material pemlastik komposit.

Dengan melihat hasil pembakaran akibat *discharge partial* dan *breakdown* pada permukaan komposit, semakin tinggi nilai konsentrasi kompatibiliser *polyethylene* semakin kecil degradasi kerusakannya.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dan hasil analisis data yang telah diolah, maka dapat disimpulkan:

1. Penambahan konsentrasi kompatibiliser *polyethylene* pada resin epoksi dengan *filler* batu bersilika dan *silane* yang berkonsentrasi 40%, cenderung menyebabkan:
 - a. Kenaikan sudut kontak, sudut kontak yang paling besar adalah resin epoksi RTV4 dengan konsentrasi kompatibiliser *polyethylene* 4% dan perbandingan bahan pengeras *metaphenylene diamine* (MPDA) bahan dasar *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) 1:1 dengan penambahan *filler* batu alam dan *silane* 40%
 - b. Memperlambat terjadinya kegagalan isolasi atau mempersulit terjadinya arus bocor permukaan bahan isolasi epoksi resin. Kenaikan nilai konsentrasi kompatibiliser menyebabkan kenaikan sudut kontak

yang berarti kenaikan resistansi permukaan bahan isolasi, sehingga arus bocor tidak mudah mengalir di permukaan bahan isolasi. Kenaikan nilai konsentrasi pengisi batu alam bersilika *silane* dan *vinyl silane* tidak akan mempermudah terjadinya lompatan listrik (*flashover*) yang akan memicu terjadinya kegagalan isolasi.

- c. Memperlambat proses terjadinya jalur karbon pada permukaan bahan isolasi
 - d. Menurunkan kerusakan (degradasi) permukaan bahan isolasi epoksi resin. Pola penjejakkan terjadi dari elektroda tegangan rendah ke tegangan tinggi. Hal ini disebabkan karena arah aliran elektron secara aktual adalah dari elektroda negatif ke elektroda positif
2. Nilai konsentrasi *polyethylene* sebagai kompatibiliser komposit akan berbanding lurus terhadap waktu penjejakkan dan besarnya sudut kontak akan mempengaruhi waktu penjejakkan, berbanding lurus terhadap waktu penjejakkan.
3. Nilai konsentrasi *polyethylene* sebagai kompatibiliser resin epoksi dengan filler batu bersilika dan *silane* yang mempunyai kinerja optimal terhadap proses penjejakkan dan erosi adalah 4%.

5.2. Saran

1. Untuk aplikasi lebih luas, hendaknya dilakukan uji coba di lapangan secara alamiah.
2. Penelitian tentang resin epoksi perlu dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan variasi bahan pengisi untuk memperbaiki kinerja yang ada.

LUARAN

Luaran berupa dokumentasi hasil uji coba produk bahan komposit yang sudah teruji dan siap untuk dijadikan sebagai bahan isolator listrik. Produk prototipe bahan sudah dibuat dan diuji melalui penelitian ini. Dokumentasi hasil uji coba sudah dibuat 1 eksemplar lengkap dengan tabel, gambar dan hasil pengujian.

Luaran lain yakni berupa paten sederhana yang sudah dibuat draftnya dan sudah diajukan pada tanggal 9 November 2020 melalui LP2M Unimus.



Gambar 10. Produk prototipe bahan isolator listrik

Luaran hak cipta sudah diajukan ke Dirjen KI Kemenhumham lewat LP2M Unimus pada berupa CD interaktif pembuatan bahan komposit resin epoksi dengan filler dan kompatibiliser untuk isolator listrik pada tanggal 13 November 2019.

Mitra

Produk penelitian sudah direncanakan untuk diaplikasikan pada mitra sesuai dengan surat pernyataan kerjasama mitra. Selama penelitian, mitra berkontribusi pada penyediaan data-data lapangan yang berkaitan dengan ukuran, sampel dimensi yang berkaitan dengan kondisi real di lapangan. Peran mitra dalam mendukung penelitian sangat kita butuhkan terutama penyediaan mekanis dan elektrik yang berkaitan dengan kelayakan aplikasi produk.

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

1. Nama : **Suwandi, B.Sc**
2. Jabatan : **Direktur**
3. Nama Institusi : **PT. PURISINAR BERKAH JAYA**
4. Bidang Usaha : **General Contractors-Civil-Mechanical Electrical-Supplier**
5. Alamat : **Jl. Puspogiwang I / 40 Semarang**
6. Email : suwandi.puri@gmail.com

Menyatakan bersedia untuk bekerja sama dalam pelaksanaan kegiatan Program Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT), dengan tujuan penerapan teknologi hasil penelitian produk, dengan :

Nama Ketua Tim Pengusul : **Moh Toni Prasetyo ST, M. Eng**
Perguruan Tinggi : **Universitas Muhammadiyah Semarang**

Bersama ini pula kami menyatakan dengan sebenarnya bahwa diantara institusi dan Pelaksanaan Kegiatan Program tidak terdapat ikatan kekeluargaan dan usaha dalam wujud apapun juga.

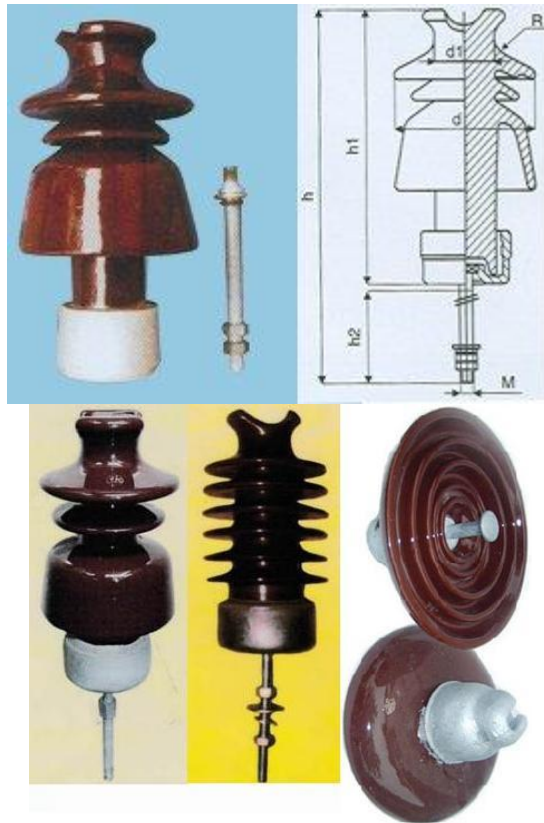
Demikian Surat Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab tanpa ada unsur pemaksaan di dalam pembuatannya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 4 Oktober 2018
Yang membuat pernyataan,



(Suwandi, B.Sc.)

Gambar 11. Surat pernyataan kerjasama dengan Mitra



Gambar 12. Contoh dimensi Isolator Listrik

Semua yang dilaksanakan dalam penelitian ini sesuai dengan rencana yang ditulis dalam proposal. Semua sudah dilaksanakan secara terencana dan bertahap sesuai dengan standar operasional dan flowchart penelitian.

Ada sedikit kendala dalam kekurangan sarana pendukung penelitian yang ada di laboratorium. Tetapi masalah tersebut segera dapat diatasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Syakur, at.al, 2010, “An Investigation on Surface Tracking on epoxy resin material” Proceedings of 15th Asian Conference on Electrical Discharge, November, 7-10, Xian Jiaotong University, China, 2010.
- British Standar, BSL., “Metode for Evaluating Resistance to Tracking and Erosion of Electrical Insulating Materials used Under severe Ambient Condition”, IEC 587:1982
- Gao, YF, 2018, “Decay-like fracture mechanism of silicone rubber composite insulator”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 25(1):110-119 · February 2018
- Hsiao, 2011 “Hydrophobic but hygroscopic polymer films--identifying interfacial species and understanding water ingress behavior”, ACS Appl Mater Interfaces. 2011 Nov;3(11):4236-41. doi: 10.1021/am200894h. Epub 2011 Nov 7
- Prasetyo, MT, 2012 “Analisis Degradasi Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi dengan Pengisi Pasir Pantai yang Banyak Mengandung Kalsium”, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Prasetyo, MT, 2018 “The effectiveness of natural stone with silica utilization, silane, and vinyl silane as filler”, AIP Conference Proceedings 1977, 030005 (2018); doi: 10.1063/1.5042925, 2018

Mayasari, H.E, et.al, “Pengaruh Kompatibiliser pada Karakteristik Kompon dan Sifat Mekanik Komposit NBR/EPDM”, Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke- 6, Yogyakarta, 25 Oktober 2017

LAMPIRAN

Dokumentasi Luaran Penelitian

1. Seminar Internasional

Seminar Internasional sudah dilaksanakan pada tanggal 13 Desember 2017, status sudah registrasi di ICETIA (The 4th International Conference on Engineering Technology and Industrial Application).



Gambar 1. Sertifikat Seminar Internasional ICETIA

2. Prosiding Internasional

Prosiding Internasional sudah di *publish* pada tanggal 26 Juni 2018

Citation: [AIP Conference Proceedings](#) **1977**, 030005 (2018); doi: 10.1063/1.5042925

View online: <https://doi.org/10.1063/1.5042925>

View Table of Contents: <http://aip.scitation.org/toc/apc/1977/1>

Published by the [American Institute of Physics](#)

The screenshot shows the AIP Conference Proceedings website. The header includes the AIP logo and the text 'Conference Proceedings'. Navigation links include HOME, BROWSE, INFO, FOR AUTHORS, and FOR ORGANIZERS. A 'BUY PRINT BOOK' button is visible. Below the navigation bar, the breadcrumb trail reads: 'Home > AIP Conference Proceedings > Volume 1977, Issue 1 > 10.1063/1.5042925'. The article title is 'The effectiveness of natural stone with silica utilization, silane, and vinyl silane as filler isolation of vacuum composite resin epoxy for electrical isolator'. Below the title, it says 'Free · Published Online: 26 June 2018'. At the bottom of the snippet, the citation information is repeated: 'AIP Conference Proceedings 1977, 030005 (2018); https://doi.org/10.1063/1.5042925'.

3. Jurnal Nasional

Sudah terbit pada Jurnal Nasional ber E-ISSN Media ElektriKA, Vol. 10, No. 2, Desember 2017

EFEKTIFITAS PEMANFAATAN BATU ALAM BERSILIKA, SILANE, DAN VINYL SILANE SEBAGAI PENGISI BAHAN ISOLASI VAKUM KOMPOSIT RESIN EPOKSI UNTUK ISOLATOR LISTRIK

Moh Tani Prasetya^{1*}, Sulechana²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Klatipah No.12 Semarang
^{*}Email : prasetia@umsl.ac.id

ABSTRACT

Insulation materials that commonly used in air insulation, which is operated at high voltage, are the porcelain, glass, and polymer materials. One of the insulating polymer materials that are used is epoxy resin because it has several advantages compared to that. However, this insulation material has a degradation of the surface due to environmental and cause insulation coated with dirt and chemicals in the long time.

This research was conducted on resin epoxy by comparison of MPDA, DGEBA, and filler (silane and vinyl silane) with a percentage value of 10%; 20%; 30%; 40% and 50%, sample size 120 x 50mm. vinyl silane is mixed as a coupling agent of composite materials. Vacuum method to left out void.

Research was done in laboratory according to standard IEC 587: 1984. In this study, the effect of variation in stoichiometry to the hydrophobic contact angle value, leakage current waveform, and surface degradation caused by erosion and tracking processes and tracking time were analyzed.

From the results of the research, it was obtained that the epoxy resin that was used in this research are categorized as hydrophobic and partially wetted. The increase concentration of silane dan Vinyl silane used as filler caused the increase in contact angle which meant the increase in surface insulation resistance, so that leakage currents flow on the surface not easily and slow down the aging or the degradation decreasing on the surface of insulating material. Concentration value of filler that had the optimal performance of the tracking process and erosion was 40%.

Keywords : angle of contact, epoxy resin, hydrophobic, insulator, leaky current, materials filler

1. PENDAHULUAN

Material polimer khususnya resin epoksi sekarang ini telah digunakan secara luas sebagai isolasi peralatan tegangan tinggi karena mempunyai banyak keunggulan dibanding dengan material lain. Sebagai isolator pasungan luar, kondisi lingkungan cukup berpengaruh terhadap material isolasi (Jadhari, E., 2005). Adanya polutan di

udara dapat menyebabkan permukaan isolator dilapisi oleh polutan yang mengendap. Saat terjadi hujan, polutan pada permukaan isolator akan larut dalam air dan membentuk jalur konduktif yang kontinu sehingga dapat menyebabkan arus bocor. Adanya arus bocor ini menimbulkan panas yang akan mengeringkan polutan pada permukaan isolator. Hal inilah yang menyebabkan

Gambar 2. Artikel Jurnal Nasional

4. HKI / Hak Kekayaan Intelektual


REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00001624944, 24 Agustus 2016

Pencipta

Nama : Moh Toni Prasetyo, ST, M.Eng., Eko Andy Purnomo, M.Pd.,

Alamat : Gedawang Pemai Blok I No. 11 Banyumani, Semarang, Semarang, Jawa Tengah, 50266

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : Moh Toni Prasetyo, ST, M.Eng., Eko Andy Purnomo, M.Pd.,

Alamat : Gedawang Pemai Blok I No. 11 Banyumani, Semarang, Semarang, Jawa Tengah, 50266

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : Kuliah

Judul Ciptaan : CD Interactive Pembuatan Bahan Isolator Listrik Dengan Resin Epoksi Dengan Filler Batu Alam Beresika Dan Silansi

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 17 Agustus 2016, di Semarang

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000115735

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

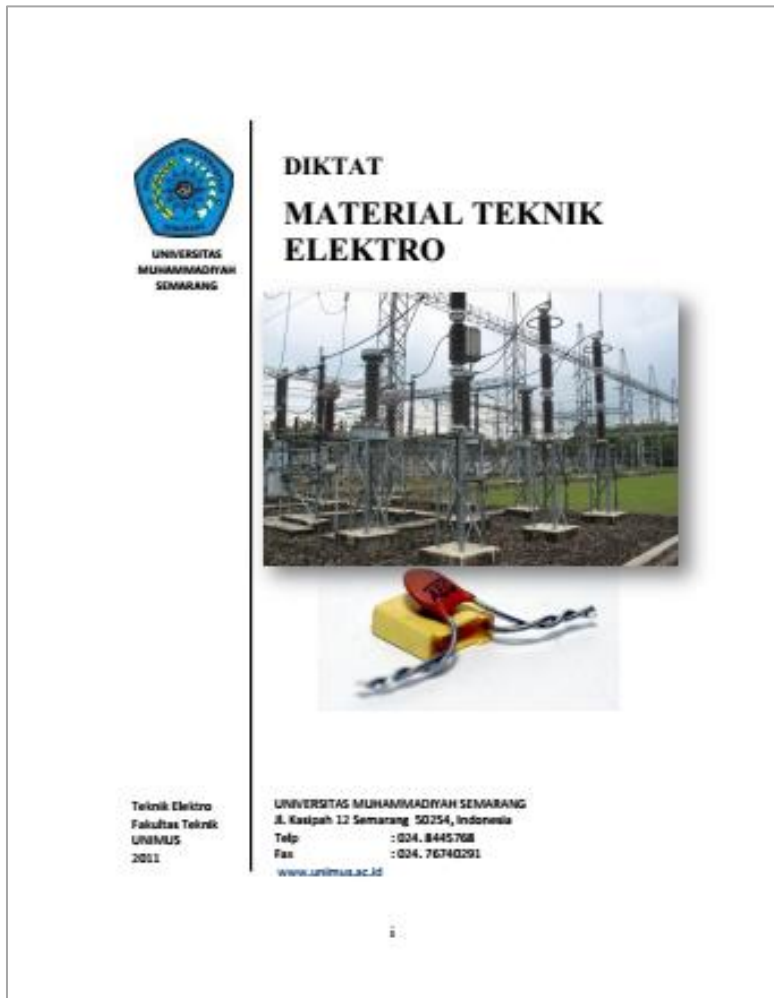
a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL


Dr. Freddy Hanta, S.H., LL.M., A.C.C.S.
NIP. 196611181994031001



5. Buku Ajar

Buku ajar sudah dibuat dan berencana akan diproses ISBN



Gambar 3. Buku Diktat Material Teknik Elektro

6. Paten

Draft paten sudah dibuat dan sudah diajukan/didaftarkan.

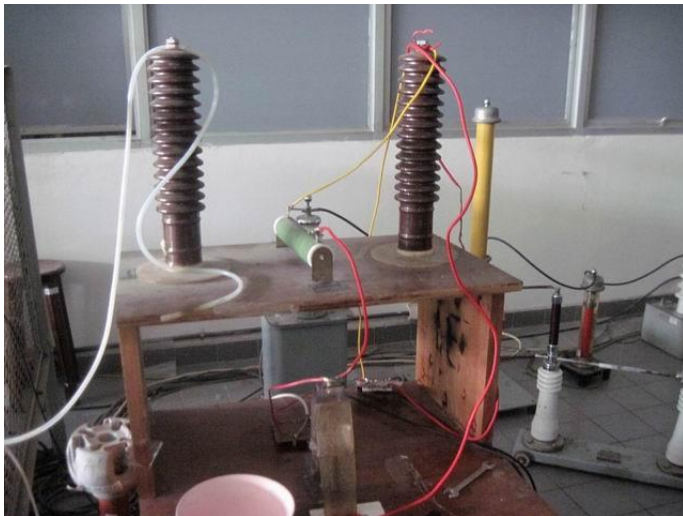
<u>Deskripsi</u>
FORMULASI BAHAN ISOLATOR LISTRIK MENUNAKAN POLIMER RESIN EPOKSI DENGAN BATU ALAM BERSILIKA DAN <i>SILANE</i> SEBAGAI <i>FILLER</i> DAN <i>VINYL SILANE</i> SEBAGAI AGEN PENGKABUNG
Bidang Teknik Invensi Invensi ini berbungan dengan suatu proses pembuatan material isolator listrik. Lebih khusus lagi proses pembuatan isolator dengan polimer resin epoksi yang diberi filler batu bersilika dan <i>silane</i> dengan agen penggabung <i>vinyl silane</i>.
Latar Belakang invensi Isolator berfungsi mengisolasi saluran tegangan dengan tiang penyangga, atau saluran dengan saluran sehingga tidak terjadi kebocoran arus. Isolator yang banyak digunakan untuk menggantung dan mengisolasi konduktor tegangan tinggi (sistem 20 kV, 150 kV, maupun 500 kV) terbuat dari bahan keramik dan gelas. Kelebihan bahan isolasi jenis ini adalah harganya yang cukup murah dibanding dengan polimer. Namun, bahan isolasi jenis ini memiliki kelemahan dari segi mekanis yaitu berat dan permukaannya yang bersifat menyerap air (<i>hygroscopic</i>) sehingga lebih mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan lewat denyar (<i>flashover</i>). Untuk mengatasi hal tersebut, maka sebagai alternatif, digunakan bahan isolasi polimer. Salah satu contoh dari bahan isolasi polimer adalah resin epoksi. Resin pertama hasil reaksi <i>epichlorohydrin</i> dan <i>bisphenol A</i> telah diproduksi secara komersial pada tahun 1947. Penggunaan

Gambar 4. Draft Paten Penelitian

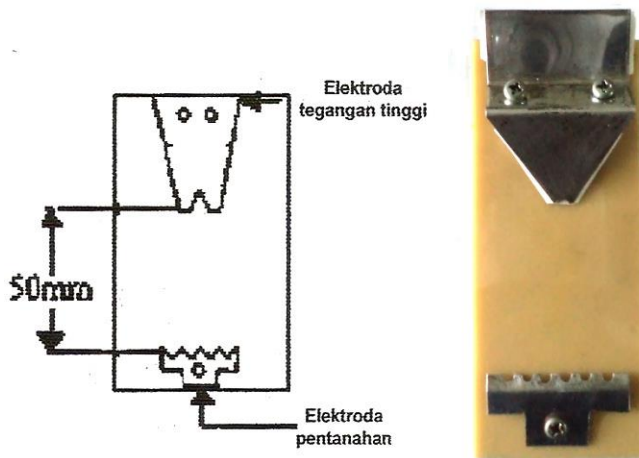
7. Proses Pengujian



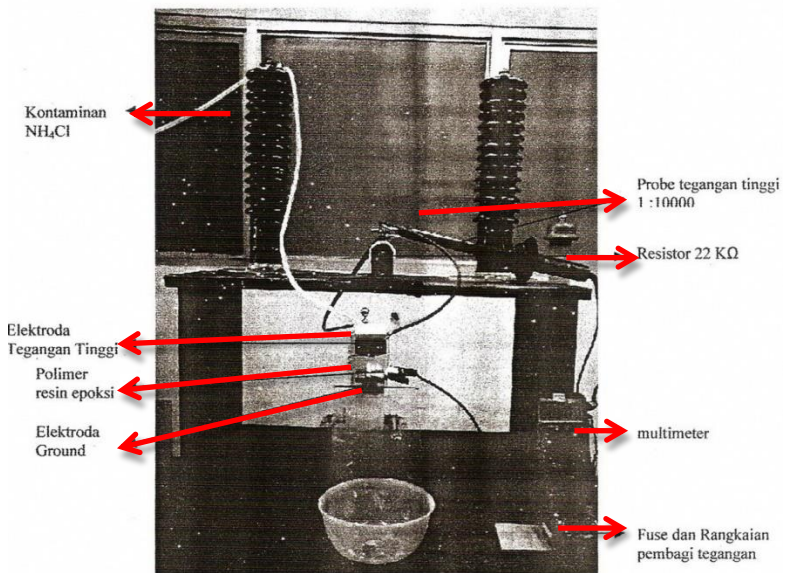
Gambar 5. Rangkaian Pengujian Sudut Kontak



Gambar 6. Rangkaian Pengujian Arus Bocor



Gambar 7. Penempatan elektroda pada komposit isolator resin epoksi



Gambar 8. Rangkaian Pengujian Arus Bocor dengan Sampel