

**LAPORAN PENELITIAN
DOSEN MUDA**



**PENGARUH POLUTAN INDUSTRI TERHADAP KINERJA
BAHAN ISOLASI POLIMER RESIN EPOKSI BERPENGISI
SILICONE RUBBER DAN ABU SEKAM**

Oleh:

Hasyim Asy'ari, S.T., M.T : 100.981

Ir. Jatmiko, M.T : 622

Aris Budiman, S.T., M.T : 885

DIBIYAI DIPA

188/SP2H/PP/DP2M/III/2008

DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SEPTEMBER, 2008**

HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN HASIL PENELITIAN DOSEN MUDA

1. Judul Penelitian : Pengaruh Polutan Industri Terhadap Kinerja Bahan Isolasi Polimer Resin•Epoksi Berpengisi Silicone Rubber dan Abu Sekam
2. Bidang ilmu penelitian : Teknik Elektro
3. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Hasyim Asy'ari, S.T., M.T
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIK : 100.981
- d. Pangkat/Golongan : Penata Muda/III a
- e. Jabatan : Dosen
- f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
4. Jumlah Tim Pelaksana : 2 Orang
5. Lokasi Penelitian : Laboratorium Teknik Elektro UMS
6. Waktu Penelitian : 7 (Tujuh) bulan
7. Biaya : Rp 10.000.000.00

Surakarta, 20 September 2008



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. H. Sri Widoro, M.T

542

Ketua Peneliti

Hasyim Asy'ari, S.T., M.T

100.981

Menyetujui

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat



Prof. Dr. Markhamah, M.Hum

NIP: 131683025

RINGKASAN

Polimer saat ini telah banyak diteliti orang dengan harapan bisa didapatkannya formula bahan isolasi dengan kinerja yang tinggi pada penggunaan tertentu. Polimer mampu memegang peranan penting sebagai bahan isolasi karena memiliki kelebihan baik secara fisis maupun kimiawi. Isolator polimer semakin meluas penggunaannya baik di level tegangan transmisi maupun distribusi dan memiliki pangsa pasar cukup lebar di pasaran dunia. Polimer, khususnya resin epoksi memiliki beberapa kelemahan. Bahan ini sensitif jika digunakan pada suhu tinggi, kelembaban tinggi, dan daerah dengan intensitas radiasi ultraviolet (UV) tinggi, seperti di Indonesia. Di kawasan industri semen Gresik disinyalir banyak terjadi kegagalan isolator karena permukaannya terkontaminasi oleh lapisan polutan yang bergaram dan lembab.

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium untuk mengetahui kinerja elektrik dan mekanis dari bahan isolasi resin epoksi yang terkontaminasi polutan industri di daerah tropis. Bahan uji resin epoksi terbuat dari *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) sebagai bahan dasar, *methaphenylene diamine* (MPDA) sebagai bahan pengeras dan diberi bahan pengisi *rice husk ash* (RHA). Ukuran dari bahan uji adalah 70 mm x 70 mm x 5 mm. Perbandingan campuran DGEBA dengan MPDA adalah 1 : 1, sedangkan bahan pengisi (*filler*) divariasi mulai dari 10 %, 20 %, 30 %, 40 % dan 50 % dari berat total bahan uji.

Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh komposisi bahan pengisi (*filler*) yang mengalami penuaan dipercepat terhadap kinerja bahan isolasi resin epoksi yang terdiri dari: kekuatan mekanis, tegangan *flashover*, arus bocor, sudut kontak hidrofobik, perubahan permukaan dan perubahan struktur kimia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik setelah penuaan cenderung lebih besar dibanding sebelum penuaan tetapi kekerasan permukaan setelah penuaan cenderung lebih kecil dibanding sebelum penuaan. Komposisi *filler* tidak signifikan dalam mempengaruhi kinerja tegangan *flashover* dan arus bocor sedangkan lama penyinaran UV cukup signifikan dalam mempengaruhi kinerja tegangan *flashover* dan arus bocor. Semakin lama bahan uji tersebut mengalami penyinaran UV, maka tegangan *flashover* cenderung turun, yang diikuti dengan kenaikan arus bocornya. Bertambahnya komposisi *filler* akan menurunkan sudut kontak permukaan bahan uji, yang dapat mempengaruhi peningkatan kandungan ESDD. Penyinaran UV selama 96 jam pada bahan uji menunjukkan adanya gejala degradasi permukaan yang belum berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan struktur kimia permukaan

Kata Kunci : *ESDD, arus bocor, tegangan flashover, hidrofobik, Silicone rubber, Rice Husk Ash*

SUMMARY

Polymers have been investigated by many researchers in order to find high performance insulator formula for specific uses. Polymers can play a significant role as insulating media because of their excellent physical and chemical properties. Polymeric insulators are increasingly being used in both distribution and transmission voltage ranges and steadily capture a wider share of the world market. On the other hand, polymers, such as epoxy resin have some disadvantages. It is very sensitive if it is used in high temperature, very humid, or area with high intensity of ultraviolet (UV) radiation, like in Indonesia. In Gresik cement industry, there were many insulators failed because the surfaces were contaminated by salty pollution layer and they were wet.

This research was a laboratory study to investigate electrical and mechanical performance of insulation material made from epoxy resin contaminated with artificial industrial pollution. Test material of epoxy resin was made from diglycidyl ether of bisphenol A (DGEBA) as base material, methaphenylene diamine (MPDA) as curing agent, silicone rubber and rice husk ash (RHA) as filler. The dimension of test material was 70 mm x 70mm x 5 mm. Ratio of DGEBA to MPDA was 1:1, while filler was varied from 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of total weight of test material.

This research was to identify the influences of filler that influenced in accelerated ageing on performance of epoxy resin isolation material consisting of mechanical strength, flashover, leakage current, contact angle of hydrophobic equivalent salt deposit density (ESDD), degradation effect and chemical structural change.

The results of the research indicated that mechanical tensile strength of test material after accelerated ageing was better than before accelerated ageing for all filler compositions but hard value of test material before accelerated ageing was better than after accelerated ageing for all filler compositions. The performance of flashover and leakage current were not influenced by the composition of filler. The performance of flashover and leakage current were influenced duration of UV radiation. More longer period of UV radiation resulted in flashover decrease, but, the increase in the leakage current. It is seemed that it was caused by the decrease in hydrophobic of characteristic of test material that influenced ESDD content. As a result accelerated aging as long as 96 hours have not significant effect to the deterioration of epoxy resin insulating materials.

Keywords : *ESDD, leakage current, flashover, hydrophobic, silicone rubber, rice husk ash (RHA)*

PRAKATA

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat, hidayah, dan inayahNYA kepada penulis sejak awal melangkah mengerjakan hingga akhir penyusunan laporan penelitian dengan judul **“Pengaruh Polutan Industri Terhadap Kinerja Bahan Isolasi Polimer Resin Epoksi Berpengisi Silicone Rubber dan Abu Sekam”**.

Pelaksanaan dan penyusunan laporan penelitian ini, penulis menyadari banyaknya masukan, bantuan dan dukungan penuh dari beberapa pihak yang sangat bermanfaat. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada mereka yaitu:

1. Prof. Dr. Markhamah, M.Hum., selaku Ketua Lembaga Penelitian UMS
2. Ir. H. Sri Widodo, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik UMS, atas dorongannya yang besar dalam penelitian ini
3. Ir. Jatmiko, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro UMS, atas saran dan masukannya
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis selama pelaksanaan dan penulisan laporan penelitian ini.

Akhir kata, tiada sesuatu yang sempurna dari hasil karya manusia. Saran dan kritik yang konstruktif dari para pembaca yang budiman akan penulis terima dengan senang hati. Semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surakarta, 20 September 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman	
LEMBAR PENGESAHAN	i
RINGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Telaah Penelitian Terdahulu	6
2.2 Landasan Teori	10
2.2.1 Isolator Padat	10
2.2.2 Polimer Umum	12
2.2.3 Resin Epoksi	15
2.2.3.1 Karakteristik Dasar Resin Epoksi	15
2.2.3.2 Jenis-jenis Resin Epoksi	16
2.2.3.3 Pematangan Resin Epoksi	18

2.2.4 Bahan Pengisi (<i>filler</i>)	19
2.2.4.1 Bahan Pengisi RHA (Rice Husk Ash).....	20
2.2.4.2 Bahan Pengisi Silicone Rubber	21
2.2.5 Sifat mekanik bahan polimer	23
2.2.5.1 Pengujian kekerasan permukaan	24
2.2.5.2 Pengujian kekuatan tarik	25
2.2.6 Mekanisme tegangan <i>flashover</i> pada isolator terkontaminasi	26
2.2.7 Perhitungan Arus Bocor	28
2.2.8 Sudut kontak	30
2.2.9 Perhitungan ESDD	33
2.2.10 Analisis komposisi kimia permukaan dengan FTIR	36
2.2.10.1 Proses serapan inframerah	36
2.2.10.2 Kegunaan spektrum inframerah	37
2.2.10.3 Spektrum inframerah	38
BAB III TUJAUN DAN MANFAAT PENELITIAN	41
3.1 Tujuan Penelitian	41
3.2 Manfaat Penelitian	41
3.2.1 Untuk Ilmu Pengetahuan	41
3.2.2 Pembangunan Negara	42
BAB IV METODE PENELITIAN	43
4.1 Pengujian Isolator	43
4.2 Bahan Pengujian	43
4.3 Peralatan Pengujian	45

4.4 Jalannya Penelitian	48
4.4.1 Pembuatan Bahan Uji	49
4.4.2 Pemberian Polutan	52
4.4.3 Penyinaran UV	54
4.4.4 Proses Pengkabutan sebelum Pengujian	56
4.4.5 Pengujian Tegangan Flashover	57
4.4.6 Pengujian Arus Bocor	58
4.4.7 Pengukuran Sudut Kontak	60
4.4.8 Pengujian Kekuatan Tarik	61
4.4.9 Pengujian Kekerasan Permukaan	62
4.4.10 Pengujian dengan mikroskop metalurgi	63
4.4.10.1 Metode analisis dengan mikroskop metalurgi	63
4.4.10.2 Metode analisis spektroskopi FTIR	64
4.4.11 Pengukuran ESDD	64
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	67
5.1 Hasil pengujian kekuatan mekanis bahan	67
5.1.1 Hasil pengujian kekuatan tarik bahan	67
5.1.2 Hasil pengukuran uji kekerasan bahan	69
5.2 Hasil Pengujian Tegangan Flashover	71
5.3 Hasil Pengujian Arus Bocor	76
5.4 Hasil Pengukuran Sudut Kontak Hidrofobik	78
5.5 Hasil Pengukuran dan Perhitungan ESDD	82
5.6 Hasil Pengujian mikroskop metalurgi	87

5.7 Hasil Pengamatan Spektrum FTIR (<i>Fotometer Infrared</i>)	89
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	99
6.1 Kesimpulan	99
6.2 Saran	100
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Struktur kimia polimer umum	14
Tabel 2.2 Komposisi RHA	21
Tabel 2.3 Faktor b	34
Tabel 4.1. Komposisi penyusun sampel uji berpengisi silicone rubber dan abu sekam padi	44
Tabel 4.2 Komposisi polutan yang digunakan	44
Tabel 4.3 Data teknik lampu ultraviolet	55
Tabel 5.1 Hasil uji kekuatan tarik	68
Tabel 5.2 Hasil pengujian kekerasan bahan	70
Tabel 5.3 Hasil pengujian tegangan <i>flashover</i>	73
Tabel 5.4 Hasil pengujian arus bocor	77
Tabel 5.5 Hasil pengujian sudut kontak hidrofobik	80
Tabel 5.6 Hasil Pengukuran konduktivitas dan Pengujian ESDD	85
Tabel 5.7 Perbandingan Perilaku Spektrum Infra Merah Bahan Uji...	95

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Contoh struktur epoksi	15
Gambar 2.2 Struktur kimia resin epoksi	15
Gambar 2.3 Struktur bisphenol A	16
Gambar 2.4 Reaksi pembentukan phenol	17
Gambar 2.5 Reaksi pembentukan acetone	17
Gambar 2.6 Reaksi pembentukan bisphenol A	17
Gambar 2.7 Struktur kimia MPDA	18
Gambar 2.8 Reaksi antara DGEBA dan MDPA	19
Gambar 2.9 Penampang benda uji mekanik	25
Gambar 2.10 Rangkaian pembagi tegangan	28
Gambar 2.11 Ilustrasi tegangan antarmuka dan sudut kontak keseimbangan dari persamaan Young	30
Gambar 2.12 Ilustrasi skematik pembasahan permukaan dan sudut kontak	31
Gambar 2.13 Sudut kontak tetesan air pada permukaan bahan	32
Gambar 4.1 Peralatan Pembangkit Tegangan Tinggi 100 KV	46
Gambar 4.2 Alat pengukur konduktivitas	47
Gambar 4.3 Diagram alir proses penelitian	49
Gambar 4.4 Diagram alir proses pembuatan bahan uji	50
Gambar 4.5 Cetakan	51

Gambar 4.6	Proses pemberian polutan	53
Gambar 4.7	Kotak penyinaran ultraviolet	55
Gambar 4.8	Proses pengkabutan	57
Gambar 4.9	Rangkaian pengujian tegangan flashover	58
Gambar 4.10	Rangkaian uji arus bocor	59
Gambar 4.11	Susunan elektroda pengujian tegangan flashover dan arus bocor	59
Gambar 4.12	Pengujian sudut kontak	61
Gambar 4.13	Alat pengujian kekuatan tarik/mesin salfo fulster	62
Gambar 4.14	Alat uji kekerasan permukaan	63
Gambar 5.1	Grafik uji kekuatan tarik dengan penyinaran UV dan tanpa penyinaran UV	69
Gambar 5.2	Grafik uji kekerasan permukaan dengan penyinaran UV dan tanpa penyinaran UV	71
Gambar 5.3	Hubungan tegangan flashover terhadap filler dan lama UV	74
Gambar 5.4	Hubungan arus bocor terhadap <i>Filler</i> dan lama UV	78
Gambar 5.5	Hubungan sudut kontak terhadap filler dan lama UV	81
Gambar 5.6	Hubungan ESDD terhadap <i>Filler</i> dan Lama UV	86
Gambar 5.7	Foto degradasi permukaan	88
Gambar 5.8	Gambar Spektrum FTIR 10% tanpa UV	90
Gambar 5.9	Gambar Spektrum FTIR 10% dengan UV 96 jam	90
Gambar 5.10	Gambar Spektrum FTIR 20% tanpa UV.....	91
Gambar 5.11	Gambar Spektrum FTIR 10% dengan UV 96 jam.....	91

Gambar 5.12 Gambar Spektrum FTIR 20% tanpa UV	92
Gambar 5.13 Gambar Spektrum FTIR 10% dengan UV 96 jam	92
Gambar 5.14 Gambar Spektrum FTIR 40% tanpa UV	93
Gambar 5.15 Gambar Spektrum FTIR 10% dengan UV 96 jam	93
Gambar 5.16 Gambar Spektrum FTIR 50% tanpa UV	94
Gambar 5.17 Gambar Spektrum FTIR 10% dengan UV 96 jam	94

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Kalibrasi Transformator Uji dan Resistor Pembagi Tegangan
- Lampiran 2 Hasil Pengujian Intensitas Radiasi dan Panjang Gelombang Ultraviolet
- Lampiran 3 Data Teknis Lampu Ultra Violet
- Lampiran 4 Daftar Korelasi Inframerah