

**SIFAT HIDROFOBİK BAHAN ISOLASI *RESIN EPOKSI*  
BERPENGISI *SILICONE RUBBER* DAN ABU SEKAM PADI  
YANG TERKONTAMINASI POLUTAN INDUSTRI**



**TUGAS AKHIR**

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata 1  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Diajukan Oleh:**

**TAUFIQ ISMAIL**

**D 400 030 091**

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2007**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Diajukan guna memenuhi kelengkapan sebagai syarat tugas akhir untuk menyelesaikan program Strata 1 (S1) pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhamadiyah Surakarta telah memenuhi syarat dan disetujui pada:

Hari :

Tanggal :

Dengan judul : **“Sifat Hidrofobik Bahan Isolasi Resin Epoksi Berpengisi *Silicone Rubber* dan Abu Sekam Padi yang Terkontaminasi Polutan Industri”**

Pembimbing I

Pembimbing II

Agus Supardi, ST, MT

Hasyim Asy'ari, ST

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini dengan judul “**SIFAT HIDROFOBİK BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI BERPENGISI SILICONE RUBBER DAN ABU SEKAM PADI YANG TERKONTAMINASI POLUTAN INDUSTRI**”. Tugas Akhir ini telah diajukan dan dipertahankan didepan dewan penguji Tugas Akhir Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, pada :

Hari :

Tanggal :

Dewan Penguji Tugas Akhir:

1. Agus Supardi, ST. MT .....
2. Hasyim Asy'ari, ST .....
3. Umar Hasan, ST.MT .....
4. Aris Budiman, ST. MT .....

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Ketua Jurusan  
Teknik Elektro**

**Ir.H. Sri Widodo, MT.**

**Ir. Jatmiko, MT.**

## **ABSTRAKSI**

*Peralatan listrik harus memiliki kualitas yang baik guna menyalurkan energi listrik yang berkesinambungan, aman, andal dan dalam segi biaya seekonomis mungkin. Termasuk isolator didalamnya, karena isolator memiliki peranan yang sangat penting (dipasang pada jaringan transmisi, jaringan distribusi dan sebagainya), untuk mencegah terjadinya hubung singkat karena fungsi isolator itu sendiri adalah memisahkan dua bagian yang bertegangan. Pada saat ini isolator yang banyak digunakan pada jaringan transmisi dan distribusi adalah dari bahan porselin dan kaca. Dalam penelitian ini digunakan bahan isolasi dari bahan DGEBA, karena memiliki kelebihan dari pada bahan yang terbuat dari porselin dan kaca, antara lain dalam hal pembuatan dan berat bahan.*

*Pengujian pada penelitian ini adalah pengujian sifat hidrofobik pada penuaan dipercepat dengan bahan pengisi silicone rubber dan abu sekam padi dengan filler dari 10% sampai 50% dari berat bahan uji. Hasil dari proses pengujian yang dilakukan diharapkan dapat digunakan sebagai acuan atau pertimbangan dalam pemilihan tipe bahan isolator dengan melihat kinerja dari bahan isolator tersebut. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan merupakan campuran dari DGEBA (Diglycidil Eter of Bisphenol A) sebagai bahan utama dan MPDA (Methaphenylene Diamine) sebagai pengeras dengan perbandingan 1 : 1, sedang bahan pengisi dari silicone rubber dan abu sekam padi dengan filler dari 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan variasi penuaan dari 0-96 jam dengan ukuran bahan uji 70 x 70 x 5 mm. Penyemprotan polutan dibuat sama, dengan komposisi 200 ml polutan industri, 40 gr kaolin dan 1000 ml air destilasi untuk satu kali penyemprotan. Dari penelitian ini didapat hubungan antara variasi penuaan dengan sifat hidrofobik, penuaan dengan nilai ESDD dan komposisi filler dengan sifat hidrofobik.*

*Semakin banyak silicone rubber atau bertambahnya filler pada isolator membuat sudut kontak menjadi lebih baik itu terjadi pada filler 50% di 48 jam dan filler 30% di 72 jam dengan sudut 90<sup>o</sup>. Nilai ESDD pada filler 30% saat UV 96 jam mengalami kenaikan sedangkan UV 84 mengalami penurunan.*

*Kata kunci : hidrofobik , ESDD, Polutan, DGEBA, MPDA, Filler.*

## DAFTAR KONTRIBUSI



Segala puji hanyalah bagi ALLOH Azza wa Jalla, Tuhan semesta alam, Sang Raja manusia, dan yang menguasai setiap urusan yang senantiasa mencurahkan begitu banyak kenikmatan kepada para makhluknya yang tidak mungkin dapat kita kalkulasi. Nikmat-nikmat tersebut diantaranya adalah nikmat ilmu dan nikmat kemudahan dalam setiap urusan sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan baik dan peneliti dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik pula. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Rosulullah SAW (Sang pembawa amanat dan risalah islam dari Rabb-nya), keluarga, sahabat, tabiin, tabiut-tabiin, serta orang-orang yang senantiasa mengikuti risalahnya.

Penelitian ini merupakan penelitian untuk thesis (S2) saudara Hasyim Asy'ari dan bekerja sama dengan mahasiswa, hal ini bertujuan untuk membantu mempersingkat masa studi dari para mahasiswa sehingga dapat menyelesaikan studi tepat pada waktunya. Posisi mahasiswa disini adalah sebagai praktisi (pelaksana penelitian) yang hasilnya dilaporkan kepada saudara Hasyim Asy'ari dalam bentuk laporan tugas akhir.

Bahan-bahan untuk membuat cetakan dan sampel uji dibeli bersama-sama rekan satu tim dengan biaya yang ditanggung oleh mahasiswa dan saudara Hasyim Asy'ari, untuk bahan cetakan dibeli di kota Solo. Sedangkan DGEBA (*Diglycidil Eter of Bisphenol A*) sebagai bahan utama dan MPDA (*Methaphenylene Diamine A*) sebagai pengeras serta *silicone rubber* sebagai salah satu bahan pengisi di beli di Yogyakarta. Sedangkan untuk bahan pengisi yang satunya yakni abu sekam padi didapatkan dari industri batu bata, kemudian di

bakar lanjut pada suhu 800 ° C dan kemudian dilakukan pengayakan pada 325 Mesh. Polutan industri dibeli di laboratorium kimia analitik fakultas MIPA UGM.

Cetakan disusun sebelum membuat sampel uji. Pembuatan sampel uji dilakukan di rumah salah satu teman secara bersama. Kemudian untuk penyemprotan polutan dilakukan di laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Teknik Elektro UMS dan penyinaran ultraviolet dilakukan di rumah salah satu teman secara bersama-sama. Pembuatan sampel uji di mulai dari penimbangan bahan, pengadukan dan pencetakan. Sedangkan waktu yang diperlukan untuk mengeringkan sampel uji minimal adalah 24 jam.

Pengujian dan pengambilan data dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Teknik Elektro UGM pada bulan Juli 2007 bersama rekan satu tim. Penelitian ini mendapat bimbingan dari asisten dan laboran Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Teknik Elektro UGM.

Penulisan dan penyusunan laporan tugas akhir ini mengacu pada laporan penelitian sejenis dari para peneliti sebelumnya. Buku pegangan penulisan laporan dan berbagai proceeding seminar dan simposium baik nasional maupun internasional yang berkaitan dengan penelitian ini didapat dari salah satu dosen pembimbing tugas akhir ini, dan buku-buku sebagian didapat dari perpustakaan.

Penyusunan laporan tugas akhir ini saya kerjakan sendiri sampai akhirnya Alloh Azza wa Jalla mengijinkan penyusun berhasil menyelesaikan laporan ini dengan baik.

Demikian daftar kontribusi ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surakarta, September 2007

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Mahasiswa Tugas Akhir / Skripsi

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

**Taufiq Ismail**

**MOTTO**

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”

(QS. Alam Nasyroh : 6)

“Barang siapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga”

*(Sabda Rasullullah)*

”Keberhasilan itu tidak akan pernah tercapai oleh orang-orang yang selalu memikirkan persoalan kemungkinan akan gagal”

(William Feather)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan tersusunnya Tugas Akhir ini aku persembahkan kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta.
2. Kakakku Fajar dan Irfan.
3. Adikku Intan dan Yahya.
4. Calon pendamping hidupku nanti.
5. Teman seperjuangan dan se-Almamater Teknik Elektro Angkatan 2003.

Khususnya Arus Kuat.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Puji syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat Hidayah dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“SIFAT HIDROFOBIK BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI BERPENGISI SILICONE RUBBER DAN ABU SEKAM PADI YANG TERKONTAMINASI POLUTAN INDUSTRI”**. Sebagai salah satu syarat untuk menempuh gelar Sarjana Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Penulis menyadari bahwa selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah memberi bantuan moril maupun materiil. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir.H. Sri Widodo, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan ijin penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Jadmiko MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Agus Supardi. ST.MT selaku Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai
4. Bapak Hasyim Asy'ri. ST. selaku Pembimbing 2 dalam penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.

5. Ibu Endah Sudarmilah ST. selaku Pembimbing Akademik yang dengan penuh kesabaran membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan studi.
6. Ibu Umi Fadillah ST. terima kasih telah menjadwalkan seminar dan ujian tugas akhir ini hingga selesai.
7. Bapak dan Ibu dosen serta staff pengajar di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang dengan tulus memberikan ilmu dan pengetahuan yang dimiliki kepada penulis.
8. Ayahku (Djayadi Isa Asnawi) dan Ibuku (Sularti) yang tak pernah henti-hentinya memberikan do'a tiap hari, dukungan, semangat dan uang untuk biaya kuliahku.
9. Kakakku (Fajar & Irfan) dan adiku (Intan & Yahya ) yang selalu menyayangiku setiap waktu dan keceriaan kalian memberikan arti sebuah keluarga dan teman dalam hidupku untuk selama-lamanya.
10. Mas Daryadi dan Mas Hari yang telah membantu dalam penelitian di UGM.
11. Sahabat-sahabatku, Hana (makasih ya atas tempat dimana aku bisa berteduh dan tidur waktu siang dan malam), Affandi (ndang dirampungke TAne), Ayub (jo kakean ngenet lee), Plorok (kapan2 PS meneh ya lee, gen iso ngalahke aku), Endro (ndang diduwurke bintange), Yayan (makasih ya ndandani tvku), Yudhi, Saefudin, Bambang, Rizky, Ahmad, Fajri, Widi, Wiryo, Sabari, Andre, Siswoyo "*Thanks very much*".

12. Penghuni pondok “KS” (*Arif, Kuntet, M.Isa, M.Jo, mbak wid, M. mukmin, menco, Pendi, Rudi, Badur, Om Adi, Saprol, Kijan*”) yang banyak memberi bantuan dan menghiburku selama penyusunan laporan ini.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipatas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan penulis terima dengan senang hati dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

*Wassalamu’alaikum Wr.Wb.*

Surakarta,     September 2007

*Penulis*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAKSI</b> .....	iv
<b>DAFTAR KONTRIBUSI</b> .....	v
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6

<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Penelaah Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Landasan Teori.....	8
2.3 Isolator .....	10
2.4 Polimer Umum .....	16
2.4.1 Pembentukan Polimer .....	20
2.4.2 Struktur Fisik .....	21
2.4.3 Desain Sederhana Isolator Polimer .....	23
2.4.4 Degradasi Polimer .....	26
2.4.5 Penuaan Isolator Polimer.....	27
2.4.5.1 Penuaan Fisik .....	28
2.4.5.2 Penuaan Kimia .....	29
2.4.5.3 Penuaan Listrik.....	30
2.4.5.4 Kombinasi Penuaan Listrik dan Mekanik.....	30
2.4.5.5 Kontaminasi Polutan Pada Permukaan Isolator .....	31
2.5 Kegagalan Bahan Isolasi.....	37
2.5.1 Gagal Elektrik .....	38
2.5.2 Gagal Panas .....	38
2.5.3 Gagal Pelepasan Muatan Sebagian .....	39
2.6 Resin Epoksi Sebagai Salah Satu Bahan Polimer .....	40
2.6.1 Karakteristik Dasar Resin Epoksi .....	41
2.6.2 Jenis-jenis Resin Epoksi.....	42

2.6.3 Pematangan Resin Epoksi .....	47
2.6.4 Aplikasi Resin Epoksi .....	49
2.7 Bahan Pengisi .....	51
2.7.1 Fiber Glass Sebagai Bahan Pengisi Isolator .....	51
2.7.2 Alumina Sebagai Bahan Pengisi Isolator .....	55
2.7.3 Pasir Silika Sebagai Bahan Pengisi .....	55
2.8 Sifat Hidrofobik .....	56
2.9 Pengukuran Konduktivitas .....	57
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>60</b>
3.2 Bahan Penelitian .....	61
3.3 Alat Penelitian .....	63
3.4 Jalannya Penelitian .....	64
3.4.1 Pembuatan bahan uji .....	64
3.4.2 Pemberian polutan.....	69
3.4.3 Penyinaran Ultraviolet.....	71
3.4.4 Pengukuran Sudut Hidrofobik .....	66
3.4.4.1 Peralatan dan Bahan .....	66
3.4.4.2 Proses Pengujian.....	74
3.4.5 Pengukuran <i>ESDD</i> .....	74
3.5 Prosedur Penelitian .....	64
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>76</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	76
4.1.1 Hasil Pengukuran dan Perhitungan <i>ESDD</i> .....	7

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Contoh Penamaan Polimer .....	13
Gambar 2.2 Gaya intermolekul dan interatomik <i>ethylene</i> dan <i>polyethylene</i>	17
Gambar 2.3 Desain sederhana isolator polimer .....	20
Gambar 2.4 Gambaran fisis pohon listrik .....	26
Gambar 2.5 Contoh struktur resin epoksi.....	33
Gambar 2.6 Struktur kimia resin epoksi .....	33
Gambar 2.7 Struktur <i>Bisphenol A</i> .....	35
Gambar 2.8 Reaksi pembentukan <i>phenol</i> .....	36
Gambar 2.9 Reaksi pembentukan <i>acetone</i> .....	36
Gambar 2.10 Reaksi pembentukan <i>Bisphenol A</i> .....	37
Gambar 2.11 Reaksi pembentukan <i>Epichlorohydrin</i> .....	37
Gambar 2.12 Reaksi pembentukan <i>DGEBA</i> .....	38
Gambar 2.13 Struktur kimia <i>MPDA</i> .....	39
Gambar 2.14 Reaksi antara <i>DGEBA</i> dan <i>MPDA</i> .....	39
Gambar 2.15 Struktur kimia <i>Polydimethylsiloxane</i> .....	43
Gambar 2.16. Klasifikasi sudut kontak.....	45
Gambar 2.17 Sudut kontak tetesan air cairan diatas permukaan bahan padatan.....	45
Gambar 3.1 Pipet tetes .....	52
Gambar 3.2 Alat pengukuran konduktivitas.....	52

Gambar 3.3	Cetakan sampel uji.....	54
Gambar 3.4	Dimensi sampel uji .....	54
Gambar 3.5	Proses pemberian polutan .....	57
Gambar 3.6	Kotak penyinaran ultraviolet .....	58
Gambar 3.7	Peralatan pengujian sudut hidrofobik .....	61
Gambar 3.8	Flowchart pelaksanaan penelitian.....	63
Gambar 4.1	Grafik gabungan 3 dimensi hubungan nilai <i>ESDD</i> , lama UV , <i>filler</i> .....	70
Gambar 4.2	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> <i>filler</i> 10%.....	71
Gambar 4.3	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> <i>filler</i> 20%.....	71
Gambar 4.4	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> <i>filler</i> 30 %.....	72
Gambar 4.5	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> <i>filler</i> 40 %.....	72
Gambar 4.6	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap <i>ESDD</i> <i>filler</i> 50 %.....	72
Gambar 4.7	Grafik hubungan Lama UV, <i>filler</i> dan <i>ESDD</i> .....	73
Gambar 4.8	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap sifat hidrofobik <i>filler</i> 10%.....	74
Gambar 4.9	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap sifat hidrofobik <i>filler</i> 20%.....	74



Gambar 4.10	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap sifat hidrofobik <i>filler</i> 30%.....	75
Gambar 4.11	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap sifat hidrofobik <i>filler</i> 40%.....	75
Gambar 4.12	Grafik hubungan penuaan dipercepat terhadap sifat hidrofobik <i>filler</i> 50%.....	76
Gambar 4.13	Grafik hubungan lama penuaan (UV) terhadap <i>sifat hidrofobik</i> , lama UV, <i>filler</i> .....	76
Gambar 4.14	Grafik gabungan 3 dimensi hubungan sudut kontak, lama UV dan <i>filler</i> .....	77

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Spesifikasi komposisi dan jumlah sampel yang dicetak untuk masing-masing pengisi.....	5
Tabel 2.1 Struktur kimia polimer umum.....	15
Tabel 2.2 Tingkat polusi dan lingkungannya .....	27
Tabel 2.3 Hubungan perbandingan karakteristik metode vulkanisasi <i>RTV</i> dan <i>HTV</i> .....	44
Tabel 2.4 Faktor b.....	47
Tabel 3.1 Komposisi penyusun sampel uji.....	50
Tabel 3.2 Komposisi polutan industri.....	51
Tabel 3.5 Data teknik lampu .....	58
Tabel 4.1 Nilai konduktivitas dan hasil perhitungan <i>ESDD</i> .....	67
Tabel 4.2 Hasil pengukuran sudut kontak hidrofobik.....	68