

PERBANDINGAN KINERJA ALUMINA, SILIKA, DAN FIBER GLASS SEBAGAI FILLER BAHAN ISOLASI RTV RESIN EPOKSI PADA PENUAN DIPERCEPAT

Umar, Jatmiko, Fatah Y

Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Research Grant TPSDP Batch III Tahun 2007

ABSTRACT

Polimer of epoxy resin which is used as high voltage insulating materials Diglycidyl ether of Bisphenol A (DGEBA) with Metaphenylyne-Diamine (MPDA) catalyst with ratio 1:1. The filler are aluminium oxide from 10% - 50% and aluminium oxide + silicone rubber from 10% - 50% with ratio 1:1. The insulating materials are given industry pollutant with fixed value 200 ml.

The method is used by accelerated aging at the laboratory. The experiments use testing box to adopt the tropical climate for 96 hours with days and nights simulation. Every 12 hours is checked its characteristic. The characteristic which is checked is flashover voltage, leakage current, ESDD, and hydrophobic contact angle.

The result of this research will gain the correlation ESDD value, aging time, filler composite to the value of flashover voltage, leakage current, and hydrophobic contact angle. The value of flashover voltage and hydrophobic contact angle will decrease every increase ESDD value, while leakage current will go up. Ultraviolet (UV) radiation on the specimen's surface from 0 hours to 96 hours with days and nights simulation may cause fluctuation on flashover voltage and leakage current following days and nights simulation. In general the value of the flashover voltage tends to decrease but leakage current increase.

The flashover voltage epoxy resin with fiber glass filler generally is better than silica quartz and aluminium oxide. The leakage current characteristic of epoxy resin with silica quartz filler has the best resistance against UV influence than Aluminium oxide and fiber glass filler. The epoxy resin with fiber glass filler has better contact angle than epoxy resin with aluminium oxide filler and epoxy resin with silica quartz filler.

Key Words: *UV, leakage current, flashover voltage, hydrophobicity*

PENDAHULUAN

Isolator polimer tegangan tinggi pasangan luar pemakaiannya bertambah luas pada saluran transmisi dan distribusi udara dengan tegangan variasi yang semakin tinggi, serta telah dipasarkan secara masal. Dibandingkan dengan bahan keramik atau bahan gelas, maka bahan isolasi polimer memiliki keuntungan antara lain : konstruksi relatif lebih ringan (rapat masa rendah), sifat dielektrik, resistivitas volume dan sifat termal lebih baik, kedap air (hidrofobik) dan proses pembuatan relatif lebih cepat. Sedangkan kekurangannya antara lain : kurang tahan terhadap perubahan cuaca, bahan mentah relatif lebih mahal dan kekuatan mekanis kurang bagus (Jatmiko, 2003).

Kondisi atmosfer yang lembab mendorong pembentukan lapisan tipis air pada permukaan isolator dan dengan adanya kontaminan maka arus bocor akan terjadi. Lapisan kontaminan akan selalu terdapat pada permukaan isolator terutama yang dipasang di

daerah industri atau di dekat pantai. Adanya salju atau embun pagi dapat memperbesar arus bocor yang dapat mendorong terjadinya *flashover* (Guoxiang Xu and McGrath, 1996).

Tegangan *flashover* isolator yang bersih tidak hanya tergantung pada bentuk dan ukurannya tetapi juga tergantung pada kondisi cuaca seperti tekanan, temperatur, kelembaban, curah hujan dan sinar ultraviolet dan lain-lain. Tekanan iklim tersebut menyebabkan terjadinya degradasi pada isolator polimer, yang akhirnya akan menurunkan unjuk kerjanya. Pada daerah tropis seperti di Indonesia, isolator polimer yang dipasang di luar ruangan akan terkena kondisi iklim yang berbahaya seperti radiasi sinar ultraviolet selama 12 jam sehari, kelembaban mendekati 100 % di malam hari dan awal pagi hari, dan temperatur selalu lebih besar dari 16 °C (Suwarno et al, 1998).

Menurut Cherney dan Stonkus (1981), salah satu permasalahan utama pada isolator non keramik adalah masalah penuaan (*aging*) dan kemerosotan unjuk kerja (*deterioration*). Kedua masalah ini disebabkan oleh berbagai tekanan yang dirasakan oleh isolator selama operasinya.

Menurut Jatmiko (2003), dengan adanya penambahan pasir silika pada resin epoksi dapat memperbaiki sifat mekanis bahan isolasi. Menurut Meyer et al (2002), sampel dengan pengisi ATH (Alumina Trihidrat) mempunyai tahanan erosi dan konduktansi termal yang lebih bagus dibandingkan dengan pasir silika.

Menurut Umar (2005) dan Budiman (2005) penuaan dipercepat daerah tropis berupa penyinaran ultraviolet dan polutan secara simultan akan menurunkan kinerja bahan isolasi resin epoksi berbahan pengisi alumina.

Dibanding dengan bahan keramik atau bahan gelas, maka bahan isolasi polimer memiliki keuntungan antara lain: sifat dielektris, resistivitas berat/volume dan sifat termal lebih baik, konstruksi relatif lebih ringan (rapat massa rendah), kedap air (hidrofobik), dan proses pembuatan relatif lebih cepat. Sedangkan kekurangannya antara lain: kekuatan mekanis kurang bagus, kurang tahan terhadap perubahan cuaca, dan bahan mentah relatif mahal.

Resin epoksi yang berasal dari epiklorohidrin merupakan reaksi epiklorohidrin dengan suatu campuran yang memiliki hidrogen aktif (Hart, 1991).

Bisphenol A dan epiklorohidrin sering dipakai sebagai bahan dasar untuk pembuatan resin epoksi. Senyawa yang terbentuk disebut *diglycidyl ether of bisphenol A (DGEBA)*, karena mengandung dua gugus glisidil eter per molekul.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja alumina, pasir silika, dan fiber glass sebagai pengisi bahan isolasi resin epoksi pada penuaan dipercepat. Adapun kinerja yang diteliti adalah tegangan flashover, arus bocor, dan sifat hidrofobik.

Manfaat penelitian adalah menciptakan bahan isolasi untuk isolator tegangan tinggi baru yang terbuat dari bahan isolasi polimer resin epoksi *DGEBA* sebagai bahan utama, *MPDA* sebagai bahan pengeras, alumina, pasir silika dan fiber glass sebagai bahan pengisi. Bahan isolator baru ini diharapkan lebih baik kinerja serta kualitasnya dibanding dengan bahan isolator lama (gelas/porselin), sehingga dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain, bahan ini bisa dijadikan alternatif untuk digunakan di daerah beriklim tropis, misalnya di Indonesia.

Flashover Pada Isolator Terkontaminasi

Isolator yang terpasang pada jaringan saluran udara sangat mudah dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan udara di sekitarnya. Perubahan-perubahan tersebut dapat mempengaruhi unjuk kerja suatu isolator, yaitu kemampuan isolator menahan tegangan, dalam

hal ini adalah terbentuknya lapisan polutan pada permukaan isolator dan basahnya permukaan isolator oleh air dan uap air yang dapat mempengaruhi unjuk kerja isolator.

Tegangan *flashover* adalah tegangan gagal yang terjadi pada permukaan sampel uji. Besarnya tegangan *flashover* pada medan yang seragam dipengaruhi oleh kondisi di sekitar isolator. Kepadatan udara relatif akan berkurang dengan penurunan tekanan dan kenaikan suhu. Jika dalam pengujian tegangan *flashover* dinaikkan setahap demi setahap, sehingga terjadi tegangan kritis pada setiap bahan isolasi yang diuji. Hasil pembacaan lalu dikoreksi dengan kondisi udara standar dengan mengacu pada standar *IEC 60-1 (1989)*.

Perhitungan Arus Bocor

Arus bocor adalah arus yang mengalir pada permukaan sampel uji. Pengujian arus bocor ini dimaksudkan untuk mendapatkan data berupa nilai arus bocor dari bahan resin epoksi, pengamatan arus bocor ini memerlukan osiloskop sebagai alat bantu. Input tegangan yang masuk kedalam osiloskop diperlukan untuk membatasi tegangan besar yang masuk kedalam osiloskop dengan cara memasang rangkaian pembagi tegangan dan selai jarum.

Sudut kontak

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air destifasi yang diteteskan ke permukaan bahan uji yang bersangkutan. Sudut kontak berkaitan dengan karakteristik isolator yaitu sifat menyerap air (*hydrophilic*) atau sifat menolak air (*hydrophobic*)

Sudut kontak dapat dicari dengan meneteskan air pada permukaan bahan isolator dan mengamati kemampuan bahan isolator dalam membentuk tetes air serta bentuk dari tetes air itu (*Swedish Transmission Research Institute, STRI Guide 1, 92/1, Hydrophobicity Classification Guide*).

METODE PENELITIAN

1. Bahan Penelitian

Bahan isolasi polimer resin epoksi *DGEBA* sebagai bahan utama, *MPDA* sebagai bahan pengeras, sebagai bahan pengisi digunakan alumina, pasir silika, dan fiber glass. Sampel uji berukuran 70x70x5 mm dengan perbedaan bahan pengisi 10%, 20%, 30%, 40%, 50% berat/volume bahan uji. Sampel uji diberi polutan industri yang ditambahkan kaolin sebagai *inert* melalui metode semprot (*IEC 507*).

2. Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian terdiri atas seperangkat alat pencetak bahan uji, alat penyinaran ultraviolet, seperangkat alat penyemprotan polutan dan multimeter *HIOKI type 3200 Digital Hi Tester* pada sisi primer transformator uji.

3. Prosedur Penelitian

Jalannya penelitian sebagai berikut:

- Sampel uji dicetak dengan menggunakan kaca dengan tebal 5 mm dengan lapisan plastik mika untuk mencegah sampel lengket dengan alat cetak.
- Pemberian bahan polutan
- Penyinaran sampel uji dengan sinar ultra violet/UV untuk mengetahui pengaruh sinar UV terhadap bahan isolator resin epoksi. Kotak uji terbuat dari kayu dengan dilapisi aluminium foil (standar ASTM 2303). Sumber sinar UV berasal dari 4 buah lampu UV 15 watt merk Philips.
- Pengujian dan pengukuran tegangan *flashover*. Data yang di dapat harus dikalikan dengan perbandingan transformasi trafo sebesar 454 untuk mendapatkan tegangan pada sisi sekunder. Karena dalam pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, maka untuk mencari tegangan primer diambil reratanya.
- Pengujian dan pengukuran arus bocor
- Pengujian dan pengukuran sudut kontak

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

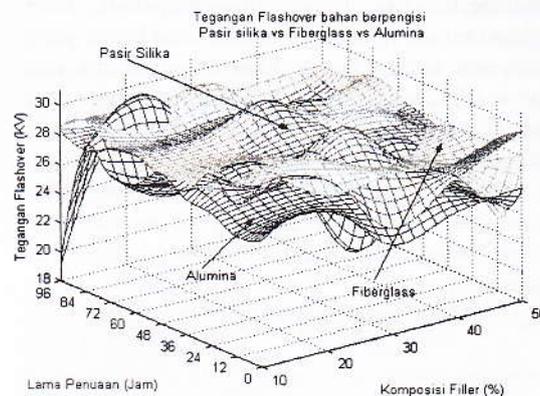
1. Tegangan *Flashover*

Hasil pengujian tegangan *flashover* dapat dilihat pada Gambar 1

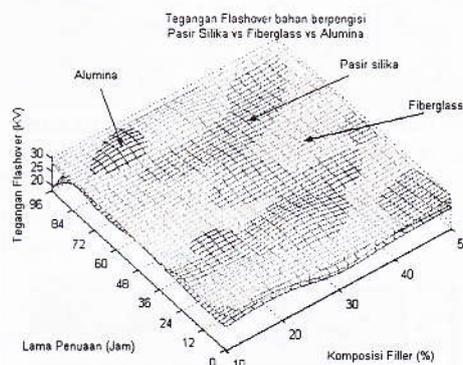
Besar tegangan yang melewati suatu permukaan isolator sangat tergantung pada sifat bahan isolator tersebut dan keadaan lingkungan sekitarnya, yaitu: polutan, suhu, kelembaban, tekanan udara, dan UV. Tegangan pada permukaan isolator akan menurun dengan kenaikan tingkat polutan yang menempel pada permukaan isolator. Polutan yang menempel pada permukaan sebenarnya baru signifikan pengaruhnya terhadap tegangan *flashover* jika keadaan udaranya lembab. Keadaan lembab menyebabkan titik-titik air yang menempel pada permukaan isolator sehingga menguraikan garam-garam yang terkandung pada polutan, akibatnya pada keadaan ini resistivitas permukaan menjadi berkurang. Tegangan *flashover* juga dipengaruhi oleh penuaan. Pada penelitian dilakukan variasi lama penyinaran UV pada sampel uji yang telah diberi kadar polutan yang sama sebelumnya yaitu polutan industri. Sangat berbeda bila dibanding dengan

keadaan sebenarnya di alam, yang mana suatu isolator yang dipasang di luar akan dipengaruhi oleh polutan dengan variasi sinar ultraviolet.

Berdasar penelitian didapat bahwa pada sampel bahan pengisi *Fiberglass* dan Pasir Silika cenderung hampir sama dan lebih baik daripada bahan pengisi Alumina, dilihat dari tingkat besar *flashover* pada penyinaran UV. Tetapi jika diperhatikan Gambar 2, maka didapat luasan grafik *Fiberglass* sedikit lebih luas dibandingkan luasan grafik Pasir silika, hal ini menunjukan bahwa secara umum pengisi *Fiberglass* kinerjanya lebih baik dari pada pengisi Pasir silika dalam menahan tegangan *flashover*.



Gambar 1 Grafik 3 dimensi hubungan tegangan *flashover*, lama penuaan dan komposisi ketiga pengisi dilihat dari sisi samping



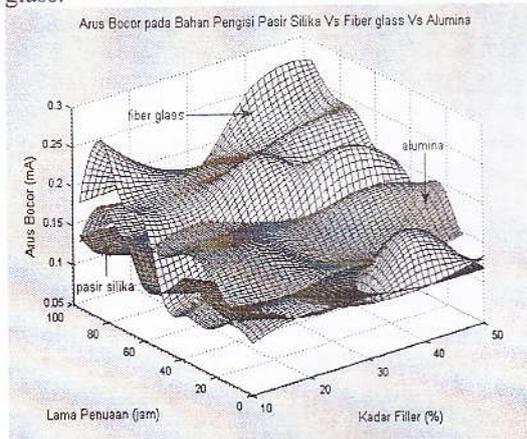
Gambar 2 Grafik 3 dimensi hubungan tegangan *flashover*, lama penuaan dan komposisi ketiga pengisi dilihat dari atas.

2. Arus Bocor

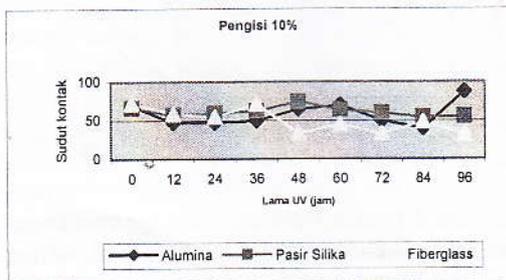
Dari hasil pengujian dan pembahasan terlihat bahwa peningkatan lama penuaan oleh UV pada masing-masing variasi bahan pengisi tidak selalu memberikan pengaruh kenaikan nilai arus bocor. Hal ini disebabkan antara lain

karena kurang homogenya bahan dan kerapatan endapan garam pada permukaan bahan uji, serta adanya void yang masih sulit dihindari. Pada gambar 3 juga terlihat bahwa nilai arus bocor cenderung naik turun sebagai akibat perlakuan UV yang menirukan siang dan malam.

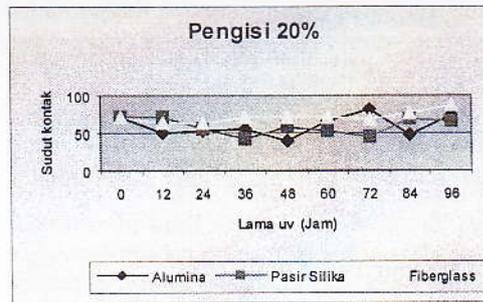
Dari hubungan arus bocor terhadap lama penuaan untuk masing-masing kadar bahan pengisi terlihat bahwa nilai arus bocor permukaan bahan uji belum begitu dipengaruhi oleh lama penuaan (ternyata belum menunjukkan penurunan kinerja yang berarti). Mungkin ini karena penyinaran UV 96 jam masih belum cukup memadai merusak material isolasi yang diuji. Gambar 3 juga memperlihatkan untuk bahan berpengisi fiber glass tampak memberikan nilai arus bocor yang rata-rata paling besar dibanding alumina dan pasir silika, dan untuk rata-rata nilai arus bocor paling kecil adalah bahan berpengisi pasir silika. Secara umum ini berarti bahwa dari segi kinerja arus bocor bahan berpengisi pasir silika memiliki ketahanan terhadap pengaruh UV yang paling baik daripada alumina dan fiber glass.



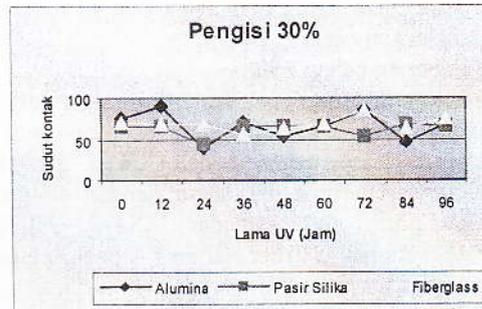
Gambar 3 Grafik gabungan 3 dimensi arus bocor terhadap lama penuaan dan kadar filler.



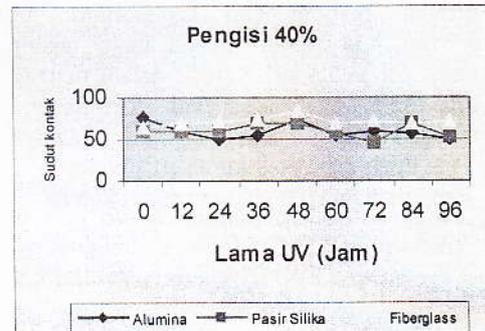
a



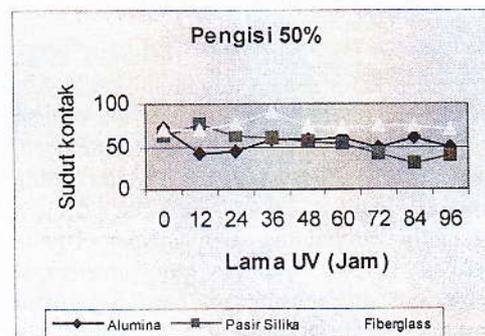
b



c



d



e

Gambar 4 Grafik hubungan sudut kontak terhadap lama penuaan pada berbagai pengisi (a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40% (e) 50%

3. Sudut Kontak

Berdasarkan hasil pengukuran sudut kontak dan Gambar 4, hubungan antara lama penuaan dengan sudut kontak masih sulit untuk

dilihat. Sebab semakin lama penuaan yang dikenakan tidak selalu memberikan efek penurunan terhadap sudut kontak.

Bahan berpengisi alumina 10%, 20%, dan 50% semakin lama penuaan, sudut kontak memiliki kecendrungan naik. Sedang pengisi 30%, dan 40% semakin lama penuaan, sudut kontak cenderung turun.

Bahan berpengisi pasir silika 10%, 20%, 40% dan 50% semakin lama penuaan, sudut kontak memiliki kecendrungan turun. Sedang pengisi 30% semakin lama penuaan, sudut kontak cenderung naik.

Bahan berpengisi fiber glass 20%, 30%, 40% dan 50% semakin lama penuaan, sudut kontak memiliki kecendrungan naik. Sedang pengisi 10% semakin lama penuaan, sudut kontak cenderung turun.

Penambahan komposisi *filler* akan mempengaruhi sudut kontak yang dihasilkan. Semakin bertambah bahan pengisi hingga batas tertentu akan menaikkan nilai sudut kontak hidrophobiknya. Untuk bahan berpengisi alumina sudut kontak terbaik ada pada filler 30%. Bahan berpengisi pasir silika sudut kontak terbaik pada filler 40%. Sedang bahan berpengisi fiber glass sudut kontak terbaik pada filler 50%.

Berdasarkan Gambar 4 secara keseluruhan tampak bahwa bahan berpengisi fiber glass memiliki sudut kontak terbaik, lalu bahan berpengisi alumina dan kemudian bahan berpengisi pasir silika.

KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan dan analisis maka dapat disimpulkan :

1. Penyinaran menggunakan sinar Ultraviolet dengan perlakuan siang dan malam serta pemberian polutan industri yang mengacu IEC 507 akan menurunkan kemampuan daya tahan (resistansi) bahan sehingga akan meningkatkan arus bocor dan lebih mempermudah terjadinya *flashover*.
2. Pada kadar *filler* 10% sampai 20% tegangan *flashover* bahan berpengisi *fiberglass* cenderung lebih baik di bandingkan pengisi pasir silika dan alumina. Tetapi pada kadar *filler* 30% bahan berpengisi pasir silika lebih baik dari pengisi *fiberglass* dan alumina. Sedangkan pada kadar *filler* 40% dan 50% bahan berpengisi *fiberglass* dan pasir silika cenderung lebih baik dari pada pengisi alumina. Secara keseluruhan Resin epoksi dengan pengisi *fiber glass* lebih baik tegangan *flashover*nya (tegangan *flashover*nya lebih tinggi) dibandingkan dengan resin epoksi dengan pengisi pasir silika dan pengisi alumina.

3. Semakin lama penyinaran menggunakan sinar Ultraviolet, mengakibatkan kekuatan bahan pada masing – masing pengisi dalam menahan tegangan *flashover* akan cenderung menurun.

4. Resin epoksi dengan pengisi pasir silika, nilai arus bocornya rata-rata cenderung menurun khususnya pada rentang 10-50%. Namun untuk pengisi fiber glass dan alumina, nilai arus bocornya rata-rata cenderung meningkat khususnya pada rentang kadar pengisi 10-50%.

5. Berdasarkan data yang diperoleh dan hasil analisis memperlihatkan untuk resin epoksi dengan pengisi fiber glass tampak memberikan nilai arus bocor yang rata-rata paling besar dibandingkan pengisi alumina dan pengisi pasir silika. Dan rata-rata nilai arus bocor dari yang terkecil adalah resin epoksi dengan pengisi pasir silika, pengisi alumina, dan terakhir pengisi fiber glass. Secara umum ini berarti bahwa dari segi kinerja arus bocor bahan berpengisi pasir silika memiliki ketahanan terhadap pengaruh UV yang paling baik daripada alumina dan fiber glass.

6. Resin epoksi dengan pengisi alumina, semakin lama penuaan, sudut kontak cenderung naik.

7. Resin epoksi dengan pengisi pasir silika, semakin lama penuaan, sudut kontak cenderung turun.

8. Resin epoksi dengan pengisi fiber glass, semakin lama penuaan, sudut kontak cenderung naik.

9. Resin epoksi dengan pengisi fiber glass memiliki sudut kontak terbaik, diikuti oleh bahan berpengisi alumina dan kemudian bahan berpengisi pasir silika.

SARAN

1. Penelitian tentang bahan isolasi resin epoksi perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan alternatif bahan pengisi yang mampu memperbaiki kinerja bahan isolasi.
2. Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan kinerja yang berbeda.
3. Perlu dicari cara agar proses pembuatan bahan uji terbebas dari adanya void dan campurannya benar-benar bisa homogen.
4. Perlu dicari teknik pemerataan volume polutan pada permukaan sampel yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terlaksana dan selesainya penelitian kami, tak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Kami ucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Sarjito, MT selaku SPMU TPSDP yang selalu memberikan pengarahan.
2. Hernawan, ST, MT selaku HIU TPSDP yang selalu memberikan pembinaan.
3. Ir. Jatmiko, MT selaku ketua jurusan teknik elektro yang telah memberikan berbagai fasilitas dalam penelitian ini.
4. Adik-adik mahasiswa Anton, Fatur, dan sugeng yang membantu kami dalam mencari data.

DAFTAR PUSTAKA

Cowd, M.A., 1991, *Kimia Polimer*, cetakan ke-2, penerbit ITB, Bandung

Umar, 2007, *Perbandingan Kinerja Alumina, Pasir Silika, Dan Fiber Glass Sebagai Pengisi Bahan Isolasi Resin Epoksi Pada Penuaan Dipercepat*, Research Grant, TPSDP - UMS, Surakarta

Kind, D., 1993, *Pengantar Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi*, Penerbit ITB, Bandung

Lee, H. Neville, K., 1967, *Handbook of Epoxy Resins*, Mc Graw-Hill Book Company

Malik, N.H., Al-Arainy, A.A., Qureshy, M.I., 1988, *Electrical Insulation in Power System*, Marcel Dekkar, Inc, New York

SPLN 10-3B, 1993, *Tingkat Intensitas Polusi Sehubungan dengan Pedoman Pemilihan Isolator*, PT PLN (Persero) Jakarta

Suhartin, Yeni, 2001, Tesis : *Degradasi Permukaan Material Isolator Tegangan Tinggi Polimer Resin Epoksi Pada Penuaan Dipercepat*, UGM, Yogyakarta