



**PENGUNAAN METODE *STEP-BY-STEP TEST* UNTUK  
MEMBANDINGKAN *FLASHOVER* PADA ISOLATOR BERBAHAN  
KERAMIK DAN POLIMER TERHADAP POLUTAN ABU TERBANG**

**SKRIPSI**

Oleh

**Fery Indra Yosafat  
NIM 091910201080**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**



**PENGGUNAAN METODE *STEP-BY-STEP TEST* UNTUK  
MEMBANDINGKAN *FLASHOVER* PADA ISOLATOR BERBAHAN  
KERAMIK DAN POLIMER TERHADAP POLUTAN ABU TERBANG**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Fery Indra Yosafat**  
**NIM 091910201080**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua, Ibunda Muntamah dan Ayahanda Dukat yang selalu mencurahkan kasih sayang dan tak henti-hentinya mendoakan ananda;
2. Keluarga besar yang selalu mencurahkan kasih sayang dan dukungan;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan pengalaman;
4. Almamater yang kebanggakan, Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTO

*“Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalatmu sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.” (QS. Al Baqarah: 153) \*)*

*Hidup ini tidak mudah, maka janganlah lebih mempersulitnya. \*\*)*

*“Sesungguhnya sesudah sulit itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai, kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain.” (QS. Al Insyirah 6-7) \*\*\*)*

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia, 1998. Al Qur'an dan Terjemahannya. ASY SYIFA, Semarang.

\*\*) Mario Teguh dalam situs jejaring sosial MTFB [13 April 2013].

\*\*\*) Departemen Agama Republik Indonesia, 1998. Al Qur'an dan Terjemahannya. ASY SYIFA, Semarang.

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fery Indra Yosafat

NIM : 091910201080

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proposal skripsi yang berjudul “Penggunaan Metode *Step-By-Step Test* untuk Membandingkan *Flashover* pada Isolator Berbahan Keramik dan Polimer terhadap Polutan Abu Terbang” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 Januari 2014

Yang menyatakan,

Fery Indra Yosafat  
NIM 091910201080

**SKRIPSI**

**PENGGUNAAN METODE *STEP-BY-STEP TEST* UNTUK  
MEMBANDINGKAN *FLASHOVER* PADA ISOLATOR BERBAHAN  
KERAMIK DAN POLIMER TERHADAP POLUTAN ABU TERBANG**

Oleh

Fery Indra Yosafat  
NIM 091910201080

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Andi Setiawan, S.T., M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penggunaan Metode *Step-By-Step Test* untuk Membandingkan *Flashover* pada Isolator Berbahan Keramik dan Polimer terhadap Polutan Abu Terbang” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Selasa, 21 Januari 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.  
NIP197004041996011001

Andi Setiawan, S.T., M.T.  
NIP196910101997021001

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.  
NIP197106141997021001

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.  
NIP197008261997021001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP196104141989021001

Penggunaan Metode *Step-By-Step Test* untuk Membandingkan *Flashover* pada  
Isolator Berbahan Keramik dan Polimer terhadap Polutan Abu Terbang

**Fery Indra Yosafat**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRAK**

Energi listrik merupakan kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat maka diperlukan suatu pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik yang baik, dalam proses penyaluran tenaga listrik diperlukan suatu peralatan yang handal salah satunya adalah isolator yang berfungsi untuk menopang kawat bertegangan dan sebagai penyekat antara kawat bertegangan. Mengingat fungsi dari isolator yang sangat penting maka perlu diketahui kinerja dari suatu isolator tersebut melalui suatu uji tegangan tinggi. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi yaitu basah dan kering, pada isolator bersih dan isolator yang terkontaminasi oleh polutan berupa abu terbang batu bara (*Fly Ash*). Metode *Step-By-Step Test* dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk mengaplikasikan tegangan pengujian. Isolator yang diuji meliputi isolator keramik dan polimer. Dari pengujian yang dilakukan dapat diketahui bahwa isolator keramik telah memberikan kinerja yang lebih baik dari pada isolator polimer dilihat dari besar tegangan tembus, baik pengujian isolator bersih maupun berpolutan.

**Kata kunci:** Energi Listrik, *Fly Ash*, Isolator Keramik dan Polimer, *Step-By-Step Test*.



*Method Step-By-Step Test for Comparing Insulator Flashover in Ceramics and  
Polymers against Pollutants fly ash*

**Fery Indra Yosafat**

*Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember*

**ABSTRACT**

*Electrical energy considers as the major necessity in human life. Now days, people need to fulfill there necessity of electrical energy which has been increased that is way they need well power generator and distribution. The electrical distribution process needs best equipment and one of them is insulator that has function to hold tension cables and as split among those tension cables. Knowing the function of insulator is very important, thus people must to know the use of insulator through high voltage test. The test is done in two conditions; they are wet and dry conditions which are clean and contaminated insulator by pollutant as fly ash. Step-By-Step Test method can be used as one of methods to apply voltage test. The insulator which is tasted contains ceramics and polymer insulator. As a result, people know that ceramics insulator has given better work than polymer insulator that is seen from voltage break down value, both clean and contaminated insulator test.*

**Keywords:** *Electric energy, Fly Ash, Ceramic and Polymer Insulator, Step-By-Step Test*

## RINGKASAN

### **Penggunaan Metode *Step-By-Step Test* untuk Membandingkan *Flashover* pada Isolator Berbahan Keramik dan Polimer terhadap Polutan Abu Terbang;**

Fery Indra Yosafat, 091910201080; 2014; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyaluran tenaga listrik memerlukan peralatan yang handal yang dapat menunjang kelancaran penyaluran, salah satu peralatan listrik yang sangat penting adalah isolator yang berfungsi sebagai penyangga kawat saluran udara dan sebagai penyekat (isolasi) antara kawat tegangan. Terdapat dua jenis material isolator yang telah digunakan di Indonesia, yaitu keramik dan gelas, ada pula jenis material lain yang dapat digunakan sebagai isolator yaitu polimer. Ketiga bahan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Diantara kekurangannya adalah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan lewat denyar (*flashover*). Pengujian dalam penelitian ini menggunakan polutan berupa abu terbang. Adapun pengujiannya menggunakan metode *Step-By-Step Test*.

Kajian dalam penelitian ini terdiri dari dua rumusan masalah, yaitu mengenai: a) penggunaan Metode *Step-By-Step Test* untuk pengujian *flashover* pada isolator berbahan keramik dan polimer ; dan b) pengaruh polutan abu terbang terhadap *flashover* pada isolator berbahan keramik dan polimer .

Pada penelitian ini menggunakan metode *Step-By-Step Test* untuk mengaplikasikan tegangan yang digunakan pada pengujian, metode *Step-By-Step Test* atau metode pengujian bertangga dimulai dengan menetapkan tegangan tembus specimen. Untuk tegangan uji awal ditentukan tegangan start ( $V_s$ ) sebesar 10 KV dan pertambahan tegangan ( $\Delta V$ ) sebesar 10 KV, waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan tegangan sebesar 60 detik. Pengambilan data tegangan tembus pada isolator keramik dan polimer dengan polutan berupa abu terbang batu bara Pada masing-masing pengujian isolator diuji dengan tiga kali pengulangan yang masing-masing pengulangan dicatat hasil yang didapat dan kemudian diambil rata-rata setiap

kali uji. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya nilai tegangan tembus saat terjadi *flashover* pada setiap isolator keramik dan polimer dalam kondisi kering dan basah baik tanpa pengaruh polutan maupun yang terkontaminasi oleh polutan. Besarnya polutan yang diaplikasikan sebagai pengotor isolator bervariasi, mulai dari 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram dan 5 gram.

Tegangan tembus pada masing-masing aplikasi pengotoran berbeda dan ada juga yang sama tetapi cenderung menurun dari ketebalan polutan yang ada pada permukaan isolator, hal ini karena ketika isolator terdapat polutan maka terbentuk jalur konduktif yang mengakibatkan daya dielektrik isolator mengalami penurunan, semakin tebalnya polutan yang menempel pada permukaan isolator maka tegangan tembus pada isolator tersebut akan semakin kecil, tetapi penurunan tegangan tembus tersebut tidak linier dengan penambahan jumlah polutan. Hal ini disebabkan karena penggunaan metode *Step-By-Step Test* yang menaikkan tegangan setiap 10 KV.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode *Step-By-Step Test* untuk pengujian (*flashover*) pada isolator keramik dan polimer telah memberikan nilai tegangan tembus (*flashover*) yang berbeda pada setiap isolator dengan nilai tegangan tembus pada isolator polimer lebih rendah dari pada isolator keramik. Sedangkan, dari segi pengaruh polutan isolator keramik telah memberikan kinerja yang lebih baik dari pada isolator polimer dilihat dari besar tegangan tembus (*flashover*) baik pengujian isolator bersih maupun berpolutan, berbeda pada saat kondisi basah pengotoran polutan tidak berpengaruh terhadap tegangan tembus.

Saran yang dapat diberikan terkait dengan penelitian ini diantaranya: a) untuk mendapatkan data yang lebih baik pengujian selanjutnya disarankan menggunakan variasi data pengujian yang lebih banyak untuk mendapatkan nilai tegangan tembus (*flashover*); b) Untuk mendapatkan karakteristik yang lebih baik, sebaiknya pengujian tidak hanya menggunakan satu polutan tetapi menggunakan berbagai macam polutan yang ada di alam, seperti lumut, debu, pasir, dan penggaraman serta berbagai senyawa kimia yang terkandung di dalam polutan.

## PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan KaruniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penggunaan Metode *Step-By-Step Test* untuk Membandingkan *Flashover* pada Isolator Berbahan Keramik dan Polimer terhadap Polutan Abu Terbang”. Skripsi ini mempunyai beban 4 SKS (Satuan Kredit Semester) dan disusun guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih diucapkan kepada:

1. Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Jember, dan selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
2. Sumardi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jember;
3. Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Strata-1 Teknik Elektro, Universitas Jember;
4. Supriyadi Prasetyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Andi Setiawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T. dan Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku penguji I dan penguji II yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikiran;
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Teknik khususnya Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu dan pengalaman;
7. Manager Distribusi PT PLN (PERSERO) Distribusi Jawa Timur, dan APJ Area Surabaya Utara, (Johnny Palma, dan Mohammad Gora Sandi) yang telah memberikan bantuan isolator polimer;

8. Dr. I Made Yulistya Negara, ST.,MSc dan Naryono selaku kepala dan teknisi Laboratorium Tegangan Tinggi Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS Surabaya atas segala bantuan dan bimbingannya;
9. Kedua orangtua, Ibunda Muntamah dan Ayahanda Dukut yang selalu memberi dukungan, semangat dan doa;
10. Seluruh Keluarga yang selama ini selalu memberi motivasi serta banyak memberikan dukungan spiritual maupun material;
11. Diah Rohmawati Notasiah, S.Pd. sahabat istimewa dalam setiap doa dan langkah;
12. Teman-teman kos Danau Toba V/ 157: Mustiko Handoyo, Moh. Ulin Nuha, M. Iskandar Fauji, dan Mahfud atas segala bantuan, dukungan, dan semangat;
13. Semua perlengkapan (ASUS, Samsung, Nokia, Smart Fren, Compaq, Kingstone, Canon) atas segala jasa;
14. Teman-teman Teknik Elektro 2009 (SAK LAWASE TETEP DULUR) yang senantiasa merangkul memberikan kebersamaan dan persahabatan;
15. P. Himawan, P. Suyitno, P. kharisma, P. Wildan, P. Mudi, P. Saripan, P. Rifki Mbak Wati dan Mbak Septi yang telah memberikan bantuan, dukungan, wawasan tentang isolator;
16. Semua pihak yang telah membantu memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat memberi manfaat.

Jember, Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>JUDUL</b>	
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Pembahasan .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengertian Isolasi .....	6
2.2 Isolator Saluran Udara .....	6
2.2.1 Bahan-bahan Isolasi ... ..	6
2.2.1 Bahan Porselin (Keramik) .....	7
2.2.1 Bahan Polimer Resin Epoksi .....	8

2.2.1	Klasifikasi Isolator Saluran Udara .....	9
2.3	Karakteristik Isolator .....	9
2.3.1	Karakteristik Elektrik.....	9
2.3.1	Karakteristik Mekanis.....	10
2.4	Kegagalan Isolator.....	10
2.4.1	Kegagalan Isolator dalam Melaksanakan Fungsinya....	11
2.5	Mekanisme Lewat Denyar Akibat Polusi pada Isolator Tegangan Tinggi.....	12
2.5.1	Jenis Polutan di Alam.....	15
2.5.2	Penetapan Tingkat Bobot Isolator.....	17
2.6	Fly Ash (Abu Terbang).....	17
2.6.1	Karakteristik <i>Fly Ash</i> (Abu Terbang).....	18
2.6.2	Proses Pembentukan <i>Flay Ash</i> (Abu Terbang).....	19
2.6.3	Sifat-sifat <i>Flay Ash</i> (Abu Terbang).....	19
2.7	Mekanisme Kualitatif Lewat Denyar.....	21
2.8	Mekanisme Pembentukan Lapisan Pengotor.....	21
2.9	Tujuan Pengujian Tegangan Tinggi.....	22
2.10	Pengujian Bertangga ( <i>Step-by-Step-Test</i> ).....	23

### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	26
3.1.1	Tempat Penelitian .....	26
3.1.2	Waktu Penelitian .....	26
3.2	Alat dan Bahan.....	27
3.3	Metode Penelitian.....	27
3.3.1	Metode yang Digunakan .....	27
3.3.2	Pengambilan Data.....	28
3.3.3	Analisis Data.....	29
3.4	Tahap Penelitian.....	29
3.5	Diagram Alur Penelitian .....	30

## **BAB 4. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Penggunaan Metode Step-by-Step Test pada Pengujian Isolator Keramik dan Polimer.....	31
4.2	Pengujian Tegangan Tembus .....	33
	4.2.1 Hasil Pengujian Tegangan Tembus dalam Kondisi Kering..	33
	4.2.2 Hasil Pengujian Tegangan Tembus dalam Kondisi Basah...	38
4.3	Perbandingan Tegangan Tembus antara Isolator Keramik dan Polimer .....	45

## **BAB 5. PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran.....	51

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	52
-----------------------------	----

<b>LAMPIRAN</b> .....	53
-----------------------	----



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Kegagalan Isolator .....	12
2.2 Mekanisme Lewat Denyar ( <i>Flashover</i> ) .....	13
2.3 Mekanisme Terbentuknya Pita Kering .....	15
2.4 Profil Tegangan Pengujian Bertangga .....	24
3.1 Rangkaian Pengujian.....	28
3.2 Bagan Alur Penelitian .....	30
4.1 Grafik Perbandingan Tegangan Tembus antara Isolator Keramik dan Polimer dalam Kondisi Kering.....	46
4.1 Grafik Perbandingan Tegangan Tembus antara Isolator Keramik dan Polimer dalam Kondisi Basah .....	48

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
2.1 Klasifikasi Poluatan .....	14
2.2 Komposisi Kimia Abu Terbang Batubara.....	21
2.3 Tegangan Uji Start dan Pertambahan Tegangan Pengujian Bertangga .....	25
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	26
4.1 Hasil Pengujian Tegangan Tembus pada Isolator Keramik Kondisi Kering dengan Metode (Step-By-Step Test) .....	35
4.2 Hasil Pengujian Tegangan Tembus pada Isolator Polimer Kondisi Kering dengan Metode (Step-By-Step Test) .....	38
4.3 Hasil Pengujian Tegangan Tembus pada Isolator Keramik dalam Kondisi Basah dengan Metode (Step-By-Step Test) .....	41
4.4 Hasil Pengujian Tegangan Tembus pada Isolator Polimer dalam Kondisi Basah dengan Metode (Step-By-Step Test) .....	44
4.5 Tabel Perbandingan Tegangan Tembus pada Isolator Keramik dan Polimer dalam Kondisi Kering dengan Metode (Step-By-Step Test) .....	45
4.6 Tabel Perbandingan Tegangan Tembus pada Isolator Keramik dan Polimer dalam Kondisi Basah dengan Metode (Step-By-Step Test) .....	47