



**ANALISIS TEGANGAN TEMBUS DAN VISKOSITAS
MINYAK TRANSFORMATOR DENGAN ADITIF
AMINA, BHT, DAN FENOL**

SKRIPSI

Oleh

Fajar Hariyanto
NIM 091910201062

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**ANALISIS TEGANGAN TEMBUS DAN VISKOSITAS
MINYAK TRANSFORMATOR DENGAN ADITIF
AMINA, BHT, DAN FENOL**

SKRIPSI

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

Oleh

Fajar Hariyanto
NIM 091910201062

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Allah SWT atas pertolongan, petunjuk serta berkah rahmat-Nya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Junjunganku Nabi Muhammad SAW atas ajaran, syafaat dan cintanya kepada umatnya;
2. Ibunda Sa'ira dan Ayahanda Supandi tercinta, yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan, kesabaran dan dorongan semangat selama ini;
3. Adik tercinta Diah Puji Lestari yang sudah mendukung dengan doa dan kesabaran serta menghibur dikala duka;
4. Sahabat-sahabat KKN Rossy, Claudia, Ferry, Choi, Nury, Zaky, Andri, Om Fajar, dan keluarga pelangi yang tidak disebutkan satu-persatu, terimakasih atas waktu, motivasi, dan do'anya. Semoga menjadi sahabat sampai kapanpun;
5. Teman-teman di Malang terkhusus untuk Ahmad Fathoni E, Moch. Wahyuri, yang sudah membantu dalam segala hal yang saya butuhkan saat di penelitian Malang;
6. Sahabat-sahabatku saya arek "EE '09" terimakasih atas semangat dan senyuman yang menjadi motifasi saya dan senantiasa mewarnai hari-hari saya dan terimakasih atas kenangan indah kita bersama. Semoga arek-arek "EE '09 SAK LAWASE TETEP DOLOR";
7. Guru- guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
8. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Barang siapa bertakwa kepada Allah, maka Allah jadikan segala urusannya menjadi mudah.

(QS. Ath-Thalaq; 3)

Ilmu itu lebih utama daripada harta karena ilmu itu menjagamu, sedangkan kamu menjaga harta. Ilmu adalah hakim, sedangkan harta adalah yang dihakimi. Harta menjadi berkurang dengan dibelanjakan, sedangkan ilmu menjadi berkembang dengan dibelanjakan (diberikan kepada orang lain).

(Ali bin Abi Tholib ra)

Gantungkan cita-citamu setinggi langit dan bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang.

(Ir. Soekarno)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Fajar Hariyanto

NIM : 091910201062

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah dengan judul “*Analisis Tegangan Tembus Dan Viskositas Minyak Transformator Dengan Aditif Amina, BHT, Dan Fenol*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta 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 sebenar-benarnya tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan itu tidak benar.

Jember, 26 September 2014

Yang menyatakan,

Fajar Hariyanto
NIM 091910201062

SKRIPSI

**ANALISIS TEGANGAN TEMBUS DAN VISKOSITAS
MINYAK TRANSFORMATOR DENGAN ADITIF
AMINA, BHT, DAN FENOL**

Oleh

Fajar Hariyanto

NIM 091910201062

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : H. R. B. Moch. Gozali, S.T., M.T.

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

PENGESAHAN

Karya ilmiah Skripsi yang berjudul “*Analisis Tegangan Tembus dan Viskositas Minyak Transformator Dengan Aditif Amina, BHT, dan Fenol*”, telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jum’at, 26 September 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

H. R. B. Moch. Gozali, S.T.,M.T.
NIP 19690608 199903 1 002

Supriyadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 19700404 199601 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.
NIP. 19631201 199402 1 002

Mengesahkan:

Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

Analisis Tegangan Tembus dan Viskositas Minyak Transformator Dengan Aditif Amina, BHT, dan Fenol

Fajar Hariyanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Transformator merupakan peralatan listrik yang penting karena berhubungan langsung dengan saluran transmisi dan distribusi listrik. Pada transformator terdapat minyak isolasi yang sangat penting bagi kinerja transformator. Akan tetapi minyak juga mudah terkontaminasi. Hal ini dikarenakan pada minyak transformator bekas cenderung terdapat partikel-partikel dan uap air yang menyebabkan ketidakmurnian dalam minyak. Oleh karena itu pada pengujian ini minyak ditambah zat aditif yaitu sebagai senyawa yang dapat memperbaiki atau menguatkan spesifikasi atau karakteristik minyak transformator. Zat aditif yang digunakan adalah amina, BHT (*butyl hydroxytoluene*), dan fenol. Tujuan dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh 3 zat aditif tersebut terhadap karakteristik minyak transformator. Dan jenis zat aditif apa yang paling baik untuk memperbaiki kualitas minyak transformator. Dari hasil pengujian semua zat aditif tersebut dapat memperbaiki viskositas minyak transformator. Dan dari hasil pengujian tegangan tembus, aditif BHT dan fenol dapat menaikkan nilai tegangan tembus minyak, kecuali aditif amina. Nilai tegangan tembus tertinggi adalah menggunakan aditif BHT yaitu 39,93 kV. Ini dikarenakan bahan aditif tersebut merupakan bahan antioksidan, yaitu senyawa yang dapat mencegah dan menghambat terjadinya oksidasi pada minyak transformator.

Kata Kunci : Minyak transformator, zat aditif, oksidasi.

Analysis of Breakdown Voltage and Viscosity of Oil Transformer With Additive of Amine, BHT, and Phenol

Fajar Hariyanto

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

ABSTRACT

The transformer is an electrical equipment is important because it relates directly to the power transmission and distribution lines. In the transformer insulating oil are very important for the performance of the transformer. But oil is also easily contaminated. This is because the former tend transformer oil contained particles and water vapor which causes impurities in the oil. Therefore, in this test the oil plus additives as compounds that can improve or strengthen the specifications or characteristics of the transformer oil. The additives are amine, BHT (butyl hydroxytoluene), and phenol. The purpose of this study is how the influence of these three additives on the characteristics of transformer oil. And what kind of additives are best for improving the quality of transformer oil. From the test results of all these additives can improve the viscosity transformer oil. And the breakdown voltage of the test results, BHT and phenol additives can increase the value of breakdown voltage of oil, except the amine additive. The highest value of breakdown voltage is to use additives BHT is 39.93 kV. This is because the additive material is an antioxidant materials, are compounds that can prevent and inhibit the oxidation of transformer oil.

Keyword: *Transformer oils, additives, oxidation.*

RINGKASAN

Analisis Tegangan Tembus dan Viskositas Minyak Transformator Dengan Aditif Amina, BHT, dan Fenol; Fajar Hariyanto, 091910201062; 2009: 54 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Transformator merupakan peralatan listrik yang penting karena berhubungan langsung dengan saluran transmisi dan distribusi listrik. Gangguan pada transformator akan menyebabkan terputusnya daya ke konsumen rumah tangga dan perusahaan. Karena transformator merupakan aset yang mahal, penggantian transformator untuk meningkatkan keandalan sistem secara ekonomis bukan pilihan yang tepat. Oleh karena itu, perawatan transformator perlu dilakukan secara rutin, salah satunya dengan menggunakan isolasi cair. Isolasi cair dalam hal ini adalah isolasi minyak merupakan hal yang sangat penting dalam peralatan system tenaga khususnya transformator, *circuit breaker* dan kapasitor karena berpengaruh pada kinerja peralatan tersebut. Isolasi minyak mempunyai kerapatan lebih tinggi dari pada isolasi gas, dan dapat mengisi celah atau ruang yang akan diisolasi secara serentak. Akan tetapi minyak juga mudah terkontaminasi. Hal ini dikarenakan pada minyak transformator bekas cenderung terdapat partikel-partikel dan uap air yang menyebabkan ketidak murnian dalam minyak.

Karena mudahnya isolasi cair terkontaminasi sehingga menyebabkan jumlah isolasi cair yang tidak lagi di pakai bertambah banyak karena kekuatan dielektriknya menurun, semakin banyak isolasi cair yang tidak layak pakai yang akan menjadi sampah bahkan akan menjadi limbah yang akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Dan masa pemakaian dari minyak transformer yang terbatas. Sebagian besar minyak trafo mengalami auto-oksidasi, penurunan pH, dan perubahan fisik atau kimia lainnya yang pada akhirnya memungkinkan transformator gagal karena kekurangan dari minyak tersebut. Dengan demikian, aditif minyak transformator dikembangkan untuk meningkatkan umur panjang dan karakteristik minyak transformator, dan transformator itu sendiri.

Zat aditif minyak transformator dapat didefinisikan sebagai senyawa yang dapat memperbaiki atau menguatkan spesifikasi atau karakteristik minyak transformator. Dari beberapa paparan diatas jelas zat aditif sangat dibutuhkan untuk minyak transformator. Oleh karena itu penulis mencoba untuk memperbaiki dan melindungi minyak transformator dari kerusakan atau meningkatkan kemampuan minyak transformator dengan menambahkan senyawa

atau zat aditif. Zat aditif yang digunakan adalah amina, BHT (*butyl hydroxytoluene*), dan fenol.

Pada pengujian ini dilakukan pengujian mengenai tegangan tembus minyak transformator dengan ditambah zat aditif. Pengujian tegangan tembus ini dilakukan dalam dua proses, dimana yang pertama bertujuan untuk menemukan bahan aditif yang paling bagus diantara zat aditif tersebut menggunakan minyak transformator bekas dan yang ke-dua bertujuan untuk pembuktian dari zat aditif yg paling bagus tersebut dengan ditambahkan ke minyak transformator Shell Diala-B baru dan bekas. Selanjutnya setelah dilakukan pengujian tegangan tembus pada sampel-sampel minyak transformator tersebut, maka sampel-sampel tersebut akan diuji viskositasnya.

Dari hasil pengujian menyatakan bahwa penambahan zat aditif dapat memperbaiki viskositas minyak transformator. Dan dari hasil pengujian tegangan tembus, aditif BHT dan fenol dapat menaikkan nilai tegangan tembus minyak, keculai pada zat aditif amina. Peningkatan kualitas ini dikarenakan zat aditif tersebut merupakan antioksidan yang dapat mencegah dan menghambat terjadinya oksidasi pada minyak transformator.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Swt atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis diberi kemudahan, kesabaran, kekuatan serta hasil yang terbaik dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul: *“Analisis Tegangan Tembus dan Viskositas Minyak Transformator Dengan Aditif Amina, BHT, dan Fenol”* yang disusun guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi teknik elektro dan mencapai gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Skripsi ini dapat terselesaikan karena adanya bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Widiono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik;
2. Bapak Soemardi, S.T.,M.T., selaku Ketua Jurusan Elektro;
3. Bapak H.R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T., dan Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota, atas bantuan, bimbingan, semangat dan ilmu yang telah beliau berikan. Sehingga skripsi ini dapat menjadi lebih lengkap dan bernilai;
4. Bapak Drs. Ir. Moch. Dhofir, MT., selaku kepala laboratorium tegangan tinggi teknik elektro Universitas Brawijaya yang telah memberikan pengarahan dalam melakukan pengujian tegangan tinggi ini;
5. Teman-teman Fakultas Teknik Universitas Jember, khususnya Teknik Elektro angkatan 2009 yang telah banyak memberikan bantuan dan warna tersendiri dalam kehidupan perkuliahan penulis;
6. Seluruh pihak yang belum sempat disebutkan diatas yang telah menyalurkan bantuan kepada penulis dalam penulisan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga do'a, bimbingan, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah Swt. Oleh karena itu, kritik dan saran yang

bersifat konstruktif akan membantu Penulis dalam setiap langkah menuju arah perbaikan. Akhirnya, penulis mengharapkan karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 26 September
2014

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|-----------------------------------|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| ABSTRAK | vii |
| RINGKASAN | ix |
| PRAKATA | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|---------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.4 Tujuan Dan Manfaat | 3 |
| 1.4.1 Tujuan | 3 |
| 1.4.2 Manfaat | 4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 4 |

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|---|
| 2.1 Transformator..... | 5 |
| 2.1.1 Inti Besi | 6 |
| 2.1.2 <i>Current Carrying Circuit (Winding)</i> | 6 |
| 2.1.3 Pendingin | 7 |
| 2.2 Minyak Transformator | 8 |

| | |
|--|----|
| 2.2.1 Minyak Sebagai Pendingin | 8 |
| 2.2.2 Minyak Sebagai Peredam Busur Listrik | 8 |
| 2.2.3 Minyak Sebagai Isolator | 9 |
| 2.3 Bahan Dasar Minyak Transformator..... | 10 |
| 2.3.1 Senyawa Hidrokarbon | 10 |
| 2.3.2 Senyawa Non Hidrokarbon | 11 |
| 2.4 Sifat Minyak Isolasi..... | 13 |
| 2.4.1 Sifat Kimia | 13 |
| 2.4.2 Sifat Fisika | 13 |
| 2.4.3 Sifat Listrik | 14 |
| 2.5 Penyebab Menurunnya Kemampuan Isolasi Minyak Transformator | 15 |
| 2.5.1 Katalis | 15 |
| 2.5.2 Akselerator | 16 |
| 2.5.3 Produk Yang Dihasilkan | 16 |
| 2.6 Mekanisme Kegagalan Isolator Cair | 16 |
| 2.6.1 Kegagalan Elektronik pada Zat Cair | 17 |
| 2.6.2 Kegagalan Gelembung atau Kavitasi pada Zat Cair | 18 |
| 2.6.3 Kegagalan Bola Cair dalam Isolasi Zat Cair..... | 19 |
| 2.6.4 Kegagalan Butiran padat dalam Zat Isolasi Cair..... | 19 |
| 2.7 Viskositas..... | 20 |
| 2.8 Tegangan Tembus | 23 |
| 2.9 Zat Aditif..... | 24 |
| 2.9.1 Amina..... | 24 |
| 2.9.2 BHT (<i>Butylated Hydroxytoluene</i>) | 25 |
| 2.9.3 Fenol..... | 26 |

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 28 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 28 |
| 3.3 Metode Penelitian..... | 29 |
| 3.3.1 Metode yang Digunakan | 29 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 3.3.2 Prosedur Pengujian | 29 |
| 3.4 Alur Pengujian | 32 |

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 4.1 Hasil Pengujian Tegangan Tembus..... | 33 |
| 4.1.1 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator Dengan Penambahan Aditif Amina | 34 |
| 4.1.2 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator Dengan Penambahan Aditif BHT (<i>Butyl Hydroxytoluene</i>)..... | 37 |
| 4.1.3 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator Dengan Penambahan Aditif Fenol..... | 40 |
| 4.1.4 Perbandingan Tegangan Tembus Minyak Transformator Dengan Aditif Amina, BHT, Fenol, dan Bentonit..... | 43 |
| 4.2 Hasil Pengujian Viskositas..... | 48 |

BAB 5 PENUTUP

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 51 |
| 5.2 Saran..... | 51 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| DAFTAR PUSTAKA | 53 |
|-----------------------------|-----------|

| | |
|----------------------|-----------|
| LAMPIRAN..... | 54 |
|----------------------|-----------|

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Standar Minyak Sebagai Isolasi pada Transformator | 8 |
| 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian..... | 28 |
| 4.1 Data Pengujian Tegangan Tembus Minyak Dengan Penambahan Aditif Amina..... | 34 |
| 4.2 Data Pengujian Tegangan Tembus Minyak Dengan Penambahan Aditif BHT..... | 37 |
| 4.3 Data Tegangan Tegangan Tembus Minyak Dengan Penambahan Aditif Fenol..... | 40 |
| 4.4 Data Rata-rata Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator Dengan Penambahan Aditif Amina,BHT, dan Fenol | 43 |
| 4.5 Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator Shell Diala-B Bekas..... | 44 |
| 4.6 Data Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Transformator Shell Diala-B Baru..... | 45 |
| 4.7 Data karakteristik minyak transformator sebelum dan sesudah Penambahan Bentonit | 45 |
| 4.8 Data Hasil Pengujian Viskositas Minyak Transformator Dengan Penambahan Zat Aditif | 48 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Prinsip Kerja Transformator | 5 |
| 2.2 Cara Kerja Minyak Transformator | 6 |
| 2.3 Inti Besi..... | 6 |
| 2.4 Belitan Transformator..... | 7 |
| 2.5 Radiator..... | 7 |
| 2.6 Bagan Proses yang Berkaitan Dengan Reaksi dalam Minyak Transformator | 15 |
| 2.7 Elektron yang Dihasilkan Oleh E Max..... | 17 |
| 2.8 Pengaruh Medan Terhadap Gelembung Udara..... | 18 |
| 2.9 Bola Cair menjadi Sferoida Akibat Medan Listrik..... | 19 |
| 2.10 Kegagalan Butiran Padat | 19 |
| 2.11 Medan elektrik dalam dielektrik..... | 23 |
| 2.12 Struktur Kimia Amina Primer, Sekunder, dan Tersier | 25 |
| 2.13 Struktur Kimia BHT | 26 |
| 2.14 Struktur Kimia Fenol | 27 |
| 3.1 Rangkaian Pembangkitan Tegangan Tinggi AC untuk Pengukuran Tegangan Tembus..... | 30 |
| 3.2 Bagan Pengujian Tegangan Tembus Minyak..... | 31 |
| 3.3 Alat Rion Viskotester VT.03 | 31 |
| 3.4 Diagram Alir Pengujian..... | 32 |
| 4.1 Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak dengan Penambahan Aditif Amina | 35 |
| 4.2 Bola Cair Memanjang Karena Pengaruh Medan Elektrik | 36 |
| 4.3 Hasil Penambahan Zat Aditif Amina Pada Minyak Transformator .. | 36 |
| 4.4 Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak dengan Penambahan Aditif BHT | 37 |
| 4.5 Hasil Penambahan Zat Aditif BHT pada Minyak Transformator..... | 40 |
| 4.6 Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak dengan Penambahan | |

| | |
|--|----|
| Aditif Fenol..... | 41 |
| 4.7 Hasil Penambahan Zat Aditif Fenol pada Minyak Transformator | 42 |
| 4.8 Grafik Perbandingan Hasil Tegangan Tembus Dengan Aditif Amina, BHT, Fenol, dan Bentonit..... | 47 |
| 4.9 Grafik Perbandingan Pengaruh Penambahan Amina, BHT, dan Fenol Terhadap Viskositas Minyak Transformator | 45 |
| 4.10 Grafik Perbandingan Hasil Viskositas Dengan aditif amina, BHT, Fenol, dan Bentonit..... | 50 |