

**ANALISIS PERBANDINGAN RUGI-RUGI DAYA
TIPE WINDING CU-CU DENGAN TIPE AL-AL
PADA TRANSFORMATOR 3 FASA KAPASITAS 400 KVA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh:

Muhammad Amirudin Syah

20160120035

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2018

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Muhammad Amirudin Syah**
NIM : **20160120035**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Fakultas : **Teknik**
Universitas : **Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**

Dengan ini saya menyatakan bahwa hasil penulisan tugas akhir ini adalah asli hasil karya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 5 Januari 2018

Yang Menyatakan,

Muhammad Amirudin Syah

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas karunia, berkat, serta anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini dengan baik dan lancar hingga karya tulis skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk mencapai derajat Strata-1 pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam skripsi ini penulis mengambil judul “Analisis Perbandingan Rugi-Rugi Daya Tipe *Winding* Cu-Cu Dengan Tipe Al-Al Pada Transformator 3 Fasa Kapasitas 400 KVA Di PT.Trafoindo Prima Perkasa”. Penulis mengambil judul tersebut karena tipe *winding* Cu (tembaga) dengan tipe *winding* Al (Aluminium) pasti mempunyai karakteristik yang berbeda. Sehingga dengan adanya tulisan ini penulis berharap pembaca bisa mengetahui perbedaan karakteristik *winding* Cu-Cu dan *winding* Al-Al serta perbandingan rugi-rugi daya dari kedua *winding* tersebut pada transformator distribusi kapasitas 400 KVA tegangan 20 kV – 400 V.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan juga sekaligus selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu guna memberi saran dan bimbingan kepada penulis.
2. Bapak Karisma Trinanda Putra, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu guna memberi saran dan bimbingan kepada penulis.
3. Bapak Adit selaku HRD PT.Trafoindo Prima Perkasa yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melakukan penelitian di PT.Trafoindo Prima Perkasa.

4. Bapak Kunarso, S.T selaku manager departemen *quality control* Line 2, PT.Trafoindo Prima Perkasa yang telah banyak memberikan saran dan bimbingan kepada penulis selama melakukan penelitian.
5. Galang Candra Utama, S.T yang telah memberi fasilitas selama di tangerang dan juga selalu memberi masukan serta bimbingan kepada penulis saat melakukan penelitian di PT.Trafoindo Prima Perkasa.
6. Bapak Anas Haris dan Ibu Dwi Sudarmi sebagai orang tua penulis yang selalu memberi dukungan, doa, dan semangat.
7. Teman-teman di departemen *quality control* line 2 PT.Trafoindo Prima Perkasa (Mas Eko, Mas Fauzi, Mas Roni, Mas Habibi) yang banyak memberi informasi mengenai pengetesan transformator.
8. Teman - teman ekstensi UGM-UMY angkatan 2016 yang selalu saling memberi dukungan satu sama lain.
9. Teman – teman seperjuangan di prodi teknik elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
10. Dan semua pihak yang telah membantu dan tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga penulis dengan senang hati menerima saran maupun kritikan yang bersifat membangun dari pembaca untuk menjadi bahan evaluasi penulis untuk lebih baik di masa mendatang. Akhir kata penulis berharap agar skripsi ini bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi pembaca.

Yogyakarta, 5 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Permasalahan	1
1.2.Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4.Batasan Permasalahan	3
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6.Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Pengertian Transformator	6
2.3. Bagian - Bagian Transformator	7
2.3.1. Bagian Utama	7
2.3.1.1. Inti Besi	7
2.3.1.2. Kumparan atau <i>Coil</i>	7
2.3.1.3. Minyak Transformator	8
2.3.1.4. Terminal	8

2.3.1.2. Tangki Transformator	8
2.3.2. Bagian Peralatan Bantu	9
2.3.2.1. <i>Tap Changer</i>	9
2.3.2.2. Pendingin	9
2.3.2.3. <i>Bushing</i>	10
2.3.2.4. Indikator-Indikator	10
2.3.2.5. DMCR	10
2.4. Jenis Transformator	10
2.4.1. Berdasarkan Fungsinya	10
2.4.2. Berdasarkan Pemakaian	10
2.4.3. Berdasarkan Letak Kumparan	11
2.5. Jenis Kumparan	12
2.5.1. Kumparan Silinder	12
2.5.2. Kumparan <i>Crossover</i>	13
2.5.3. Kumparan <i>Continuous Disc</i>	13
2.5.4. Kumparan Helikal	13
2.6. Bahan Penghantar	14
2.6.1. Jenis-jenis Bahan Penghantar	14
2.6.2. Jenis Bahan Kumparan Transformator	14
2.6.2.1. Aluminium	14
2.6.2.2. Tembaga	15
2.7. Kelompok Hubungan	15
2.7.1. Hubungan Bintang.....	15
2.7.2. Hubungan Delta	16
2.7.3. Hubungan Zig-zag	17
2.7.4. Menentukan Kelompok Hubungan	17
2.7.5. Jenis-jenis Hubungan Transformator Tiga Fasa	18
2.8. Tegangan Pengenal, Penyesuaian, Frekuensi, Daya Pengenal, dan Rugi – Rugi Transformator Distribusi	19
2.8.1. Tegangan Penyesuaian	19
2.8.2. Tegangan Primer	19

2.8.3. Tegangan Sekunder	20
2.8.4. Frekuensi	20
2.8.5. Daya Pengenal	20
2.8.6. Rugi – Rugi	20
2.8.6.1. Rugi – Rugi Tanpa Beban	21
2.8.6.2. Rugi – Rugi Berbeban	21
2.9. Rumus – Rumus Transformator.....	21
2.9.1. Bagian Elektrik	21
2.9.1.1. Hukum Dasar Prinsip Kerja Transformator	21
2.9.1.2. Rumus Daya Pengenal	24
2.9.1.3. Rumus Arus dan Tegangan	24
2.9.1.4. Tegangan Per Lilitan	25
2.9.1.5. Kerapatan Arus Primer dan Sekunder	26
2.9.1.6. Rugi – Rugi Inti Besi	27
2.9.1.7. Rugi – Rugi Tembaga	27
2.9.1.8. Reaktansi, Resistensi, dan Impedansi	28
2.9.1.9. Efisiensi Transformator	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian	31
3.1.1. Studi Kpusttakaan	31
3.1.2. Metode Pengumpulan Data	31
3.1.3 Surveey Awal	32
3.1.4. Pengambilan Data dan Penelitian	32
3.1.5. Kesimpulan dan Saran	32
3.2. Lokasi dan Waktu Penellitian	32
3.3. Pengambilan Data Transormator	32
3.4. Prosedur Pengambilan Data	33
3.5. Pengujian Transformator	33
3.5.1. Alat yang di gunakan	33
3.5.2. Bahan	34

3.6. Tahapan Pengujian Transformator	34
3.7. Alur Pengambilan Data Transformator	36

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1. Data-Data Transformator	40
4.2. Bagian Elektrik	42
4.2.1. Arus Kumparan	43
4.2.1.1. Arus Kumparan Trafo Winding Cu-Cu	43
4.2.1.2. Arus Kumparan Trafo Winding Al-Al	43
4.2.2. Tegangan Per Lilitan	44
4.2.2.1. Tegangan Per Lilitan Trafo <i>Winding</i> Cu-Cu	44
4.2.2.2. Tegangan Per Lilitan Trafo <i>Winding</i> Al-Al	44
4.2.3. Kerapatan Arus Kumparan	45
4.2.3.1. Kerapatan Arus Kumparan Primer <i>Winding</i> Cu-Cu	45
4.2.3.2. Kerapatan Arus Kumparan Primer <i>Winding</i> Al-Al.....	46
4.2.4. Dimensi Kumparan	46
4.2.5. Rugi-Rugi Lilitan	48
4.2.5.1. Rugi-rugi Lilitan Pada <i>Winding</i> Tembaga.....	48
4.2.5.2. Rugi-rugi Lilitan Pada <i>Winding</i> Aluminium.....	50
4.2.6. Dimensi Plat Inti Besi	53
4.2.6.1. Dimensi Plat Inti Besi Trafo <i>Winding</i> Tembaga.....	54
4.2.6.2. Dimensi Plat Inti Besi Trafo <i>Winding</i> Aluminium	55
4.2.7. Kerapatan Fluks Inti Besi Transformator	57
4.2.7.1. Kerapatan Fluks Inti Besi Trafo <i>Winding</i> Tembaga	57
4.2.7.2. Kerapatan Fluks Inti Besi Trafo <i>Winding</i> Aluminium.....	58
4.2.8. Rugi-Rugi Besi	59
4.2.8.1. Rugi-Rugi Besi Trafo <i>Winding</i> Cu-Cu	60
4.2.8.2. Rugi-Rugi Besi Trafo <i>Winding</i> Al-Al	61
4.2.9. Total Rugi-Rugi Pada Transformator	62
4.2.10. Reaktansi, Resistensi dan Impedansi	63
4.2.10.1. Reaktansi, Resistensi dan Impedansi Trafo Cu-Cu	63

4.2.10.2. Reaktansi, Resistensi dan Impedansi Trafo Al-Al	64
4.2.11. Efisiensi Transformator	65
4.2.11.1. Efisiensi Transformator <i>Winding</i> Cu-Cu	66
4.2.11.1. Efisiensi Transformator <i>Winding</i> Al-Al	66

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	68
5.2. Saran	69

Daftar Pustaka	70
----------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Rangkaian Transformator	7
Gambar 2.2. Kontruksi Transformator Jenis Inti dan Jenis Cangkang	12
Gambar 2.3. Jenis Kumparan Silinder dengan Konduktor Berpenampang Segi Empat	12
Gambar 2.4. Kumparan Jenis <i>Crossover</i>	13
Gambar 2.5. Kumparan Hubung Bintang dan Arah Fasa-nya	16
Gambar 2.6. Kumparan Hubung Delta dan Arah Fasa-nya	16
Gambar 2.7. Kumparan Hubung Zig-Zag dan Arah Fasa-nya	17
Gambar 2.8. Kelompok Hubungan Transformator Yzn-5	18
Gambar 2.9. Rugi-Rugi Padfa Transformator	21
Gambar 2.10. Rangkaian Transformator Tanpa Beban	22
Gambar 2.11. Rangkaian Transformator Tanpa Berbeban	23
Gambar 3.1. Data <i>name plate</i> transformator	33
Gambar 3.2. Ruang pengujian transformator	34
Gambar. 3.4. Rangkaian pengujian tanpa beban	35
Gambar. 3.5. Rangkaian pengujian berbeban	35
Gambar. 3.6. Pengujian berbeban	36
Gambar. 3.7. Alur proses penelitian perbandingan rugi daya transformator	35
Gambar. 4.1. Penampang susunan kumparan transformator	47
Gambar. 4.2. Detail Tinggi Kumparan Primer dan Sekunder dari Samping	48
Gambar. 4.3.a. Dimensi Plat Inti Besi	53
Gambar. 4.3.b. Dimensi Tebal Inti Besi	53
Gambar. 4.4. Dimensi Plat Inti Besi Detail.....	53
Gambar. 4.5. Grafik Nilai <i>Core Loss</i> dengan Nilai B_m	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Bahan-Bahan Penghantar	14
Tabel 2.2. Klasifikasi Tegangan Penyardapan	19
Tabel 2.3. Transformator Distribusi Fasa-Tiga Frekuensi 50 Hz	20
Tabel 2.4. Nilai W_B Terhadap Kerapatan Fluks Inti Besi	27
Tabel 4.1. Data Transformator 400 kVA <i>winding</i> Cu-Cu	40
Tabel 4.2. Data Transformator 400 kVA <i>winding</i> Al-Al	41
Tabel 4.3. Data Perbedaan Bagian Elektrik Berdasarkan Perhitungan Desain .	42
Tabel 4.4. Data Desain Kumparan	47
Tabel 4.5. Data rugi-rugi Kumparan	52
Tabel 4.6. Lebar dan Tebal Plat Inti Besi (trafo <i>winding</i> Cu-Cu)	57
Tabel 4.7. Lebar dan Tebal Plat Inti Besi (trafo <i>winding</i> Al-Al)	58
Tabel 4.8. Data Rugi-Rugi Inti Besi	60
Tabel 4.9. Nilai W_B Terhadap Kerapatan Fluks Inti Besi	60
Tabel 4.10. Rugi-rugi total transformator	62
Tabel 4.11. Reaktansi, resistensi, impedansi dan efisiensi transformator.....	66