

TUGAS AKHIR

ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DAYA 300 kVA DI IPAL PT. SIER



Disusun Oleh :

MUHAMMAD AVIF
NBI : 1451800011

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2022

TUGAS AKHIR

ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DAYA 300 kVA DI IPAL PT. SIER



Disusun Oleh :

MUHAMMAD AVIF
NBI : 1451800011

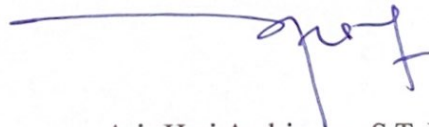
**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2022**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : MUHAMMAD AVIF
NBI : 1451800011
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR
300 kVA DI IPAL PT. SIER

**Menyetujui,
Dosen Pembimbing**



Aris Heri Andriawan, S.T.,M.T.
NPP. 20450.03.0558


Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik Elektro



Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes., IPM.
NPP. 20410.90.0197

Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Puji Slamet, S.T.,M.T.
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Avif

NBI : 1451800011

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DAYA 300 KVA
DI IPAL PT. SIER”

Adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.



Muhammad Avif
1451800011



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Avif
NBI : 1451800011
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul:

**“ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR
DAYA 300 kVA DI IPAL PT. SIER”**

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty - Free Right)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 19 Juli 2022

Yang Menyatakan,



(Muhammad Avif)

ABSTRAK

Penelitian transformator di IPAL PT. SIER ini bertujuan untuk mengetahui nilai *derating* transformator, nilai persentase pembebanan transformator, nilai ketidakseimbangan transformator, nilai rugi-rugi akibat adanya arus netral transformator, dan nilai efisiensi transformator. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui besaran nilai dari transformator yang terpasang tidak melebihi dari nilai SPLN yang berlaku. Dengan menggunakan metode kuantitatif data didapat dari pengukuran dilapangan dan akan dianalisis secara sistematis. Selama 5 hari pengukuran didapatkan hasil bahwa nilai *derating* transformator sebesar 14,55 kVA atau sebesar 14,26 kW dengan persentase *derating* sebesar 4,85%. Persentase pembebanan transformator sebesar 66,3% (SPLN maksimal 80%, minimal 40%). Nilai ketidakseimbangan beban sebesar 1,67% (SPLN dikategorikan baik jika <10%). Persentase nilai arus pada penghantar netral sebesar 13,02% (SPLN nilai arus netral <20%) dengan nilai rugi-rugi akibat adanya arus penghantar netral sebesar 0,24 kW atau sebesar 0,08%. Persentase efisiensi yang terbebani sebesar 99,91% dari nilai efisiensi optimal sebesar 100%.

Kata kunci: *derating trafo, efisiensi, ketidakseimbangan beban, rugi-rugi, pembebanan transformator.*

ABSTRACT

Transformer research at WWTP PT. SIER aims to determine the value of the transformer drop, the percentage of transformer loading, the value of losses due to the transformer, the value of transformer losses, and the value of the efficiency of the transformer. This is done so that the value of the installed transformer does not exceed the applicable SPLN value. By using the method of quantitative data obtained from measurements in the field and will be analyzed systematically. During 5 days of measurement, it was found that the derating value of the transformer was 14.55 kVA or 14.26 kW with a derating percentage of 4.85%. The percentage of transformer loading is 66.3% (maximum SPLN 80%, minimum 40%). The load balance value is 1.67% (SPLN is categorized as good if <10%). The percentage of the current value in the neutral conductor is 13.02% (SPLN neutral current value <20%) with a loss value due to the presence of a neutral conductor current of 0,24 kW or 0.08%. The burdened efficiency percentage is 99.91% of the optimal efficiency value of 100%.

Keywords: transformer derating, efficiency, load imbalance, losses, transformer loading.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang telah diberikan serta senantiasa menyertai dalam setiap aktivitas, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Pembebanan Transformator Daya 300 kVA di IPAL PT. SIER”. Adapun tujuan dari penelitian dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak akan terlaksana tanpa adanya bantuan dan dukungan serta kerjasama dari berbagai pihak yang terlibat. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat iman dan islam
2. Nabi Muhammad SAW sebab melalui beliau tersampainya ajaran islam dengan sempurna sehingga manusia bisa keluar dari zaman jahiliyah
3. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
4. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
5. Bapak Aris Heri Andriawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan selama penelitian dan penyusunan Laporan Tugas Akhir
6. Bapak dan Ibu staf Dosen yang ada di Jurusan Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
7. Bapak Teguh Rudi Siswanto selaku Kadiv IPAL PT. SIER yang telah memberikan fasilitas terhadap penelitian ini.
8. Bapak Budi Priyatno selaku Kanit listrik dan mekanik IPAL PT. SIER yang memberikan kemudahan dalam pengambilan data.
9. Kepada kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan agar tidak lelah dalam menuntut ilmu dan berdoa agar dapat lulus tepat pada waktunya
10. Seluruh teman-teman angkatan '18 Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah saling membantu berdiskusi dan memberikan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
11. Untuk Yusrina Nur Amalia, S.Pd. yang telah membantu dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.

12. Serta rekan-rekan kerja di IPAL PT. SIER yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam mengerjakan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran penulis harapkan dari semua pihak sebagai koreksi sehingga kedepannya penulis dapat memberikan hal yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Surabaya, 19 Juli 2022



Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur	5
2.2 Pengertian Transformator	7
2.3 Prinsip Kerja Transformator	8
2.4 Konstruksi Transformator	10
2.5 Pembebanan Transformator	16
2.5.1 Keadaan Transformator Tanpa Beban	18
2.5.2 Keadaan Transformator Berbeban	21
2.5.3 Rangkaian Ekuivalen Transformator	22
2.6 Hubungan Pada Transformator Tiga Fasa	25
2.6.1 Hubungan Transformator Bintang – Bintang (Y – Y)	25

2.6.2	Hubungan Transformator Segitiga – Segitiga ($\Delta - \Delta$).....	25
2.6.3	Hubungan Transformator Bintang – Segitiga (Y - Δ).....	26
2.6.4	Hubungan Transformator Segitiga – Bintang ($\Delta - Y$).....	27
2.6.5	Hubungan Transformator Zig – Zag.....	27
2.7	Daya Listrik.....	28
2.7.1	Daya Aktif.....	28
2.7.2	Daya Reaktif.....	29
2.7.3	Daya Semu.....	29
2.7.4	Faktor Daya.....	31
2.8	Ketidakseimbangan Beban Transformator.....	32
2.8.1	Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Transformator.....	33
2.9	Efisiensi Transformator.....	34
2.10	Rugi – Rugi Transformator.....	34
2.10.1	Rugi-rugi Tembaga (<i>copper losses</i>).....	35
2.10.2	Rugi-rugi Inti Besi (<i>core losses</i>).....	36
2.11	<i>Derating</i> Pada Transformator.....	38
BAB III METODE PENELITIAN.....		41
3.1	Jenis Penelitian.....	41
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	41
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	42
3.4	Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian.....	42
3.5	Tahap Penelitian.....	42
3.5.1	Studi Literatur.....	42
3.5.2	Survey Tempat Penelitian.....	42
3.5.3	Pengumpulan Data dan Materi.....	42
3.5.4	Pengambilan Data.....	43
3.5.5	Perhitungan Data.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49

4.1	Hasil Perhitungan <i>Derating</i> Pada Transformator.....	49
4.2	Analisa Perhitungan Persentase Pembebanan Transformator	50
4.2.1	Perhitungan persentase pembebanan transformator pada hari Senin.....	50
4.2.2	Perhitungan persentase pembebanan transformator pada hari Selasa.....	52
4.2.3	Perhitungan persentase pembebanan transformator pada hari Rabu	54
4.2.4	Perhitungan persentase pembebanan transformator pada hari Kamis.	56
4.2.5	Perhitungan persentase pembebanan transformator pada hari Jumat.	58
4.2.6	Perhitungan rata – rata persentase pembebanan transformator selama (5 hari) dari hari Senin – Jumat.....	60
4.3	Analisa Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Transformator.....	62
4.3.1	Perhitungan ketidakseimbangan beban transformator pada hari Senin.	62
4.3.2	Perhitungan ketidakseimbangan beban transformator pada hari Selasa.....	63
4.3.3	Perhitungan ketidakseimbangan beban transformator pada hari Rabu.	63
4.3.4	Perhitungan ketidakseimbangan beban transformator pada hari Kamis.	64
4.3.5	Perhitungan ketidakseimbangan beban transformator pada hari Jumat.	65
4.3.6	Perhitungan rata – rata ketidakseimbangan beban transformator selama (5 hari) dari hari Senin – Jumat.....	66
4.4	Analisa rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator	67
4.4.1	Perhitungan rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator pada hari Senin.....	67

4.4.2	Perhitungan rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator pada hari Selasa.	68
4.4.3	Perhitungan rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator pada hari Rabu.	69
4.4.4	Perhitungan rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator pada hari Kamis.	70
4.4.5	Perhitungan rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator pada hari Jumat.	71
4.4.6	Perhitungan rugi-rugi akibat adanya arus pada penghantar netral transformator selama (5hari) pada hari Senin – Jumat.	72
4.5	Analisa Efisiensi Transformator	73
4.5.1	Perhitungan efisiensi transformator pada hari Senin.	73
4.5.2	Perhitungan efisiensi transformator pada hari Selasa.	74
4.5.3	Perhitungan efisiensi transformator pada hari Rabu.	74
4.5.4	Perhitungan efisiensi transformator pada hari Kamis.	75
4.5.5	Perhitungan efisiensi transformator pada hari Jumat.	75
4.5.6	Perhitungan rata-rata efisiensi transformator selama (5 hari) dari hari Senin- Jumat.	76
BAB V PENUTUP.....		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip kerja transformator[6].....	8
Gambar 2.2 Transformator ideal	9
Gambar 2.3 Grafik arus, tegangan dan fluks yang terjadi[4].	10
Gambar 2.4 Bagian dalam transformator 3 fasa[8].....	11
Gambar 2.5 Transformator tipe inti[8].	12
Gambar 2.6 Konstruksi inti transformator tipe inti.....	12
Gambar 2.7 Transformator tipe cangkang[8].	12
Gambar 2.8 Konstruksi transformator tipe cangkang.	13
Gambar 2.9 Inti besi dan laminasi yang diiket fiber glass[8].....	13
Gambar 2.10 Bushing transformator[10].....	15
Gambar 2.11 Konservator transformator[10].	15
Gambar 2.12 Transformator dalam keadaan tanpa beban.....	18
Gambar 2.13 Arus peneralan dalam rangkaian vektoris dan skematis.....	20
Gambar 2.14 Transformator dalam keadaan berbeban	21
Gambar 2.15 Rangkaian ekivalen transformator berbeban	21
Gambar 2.16 Model rangkaian ekivalen 1[11]	22
Gambar 2.17 Diagram vektor model rangkaian ekivalen 1[11].....	23
Gambar 2.18 Model rangkaian ekivalen 2[11].	24
Gambar 2.19 Model rangkaian ekivalen 3[11].	24
Gambar 2.20 Diagram vektor model rangkaian ekivalen 2[11].....	24
Gambar 2.21 Transformator hubungan bintang-bintang[8].	25
Gambar 2.22 Transformator hubungan delta – delta[8].....	26
Gambar 2.23 Transformator hubungan bintang – delta[8].....	27
Gambar 2.24 Transformator hubungan delta – bintang[8].....	27
Gambar 2.25 Transformator hubungan delta – bintang[8].....	28
Gambar 2.26 Segitiga daya	30

Gambar 2.27 Diagram Vektor Arus Keadaan Seimbang[12].....	32
Gambar 2.28 Diagram vektor arus keadaan tidak seimbang[12].	33
Gambar 2.29 Kurva rugi hysteresis[6]	36
Gambar 2.30 Arus Pusar yang Berputar Pada Material Inti[6]	37
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.	41
Gambar 4.1 Grafik Beban Rata-rata dan Persentase Beban Hari Senin.....	51
Gambar 4.2 Grafik Beban Rata-rata dan Persentase Beban Hari Selasa.....	53
Gambar 4.3 Grafik Beban Rata-rata dan Persentase Beban Hari Rabu	55
Gambar 4.4 Grafik Beban Rata-rata dan Persentase Beban Hari Kamis.....	57
Gambar 4.5 Grafik Beban Rata-rata dan Persentase Beban Hari Jumat	59
Gambar 4.6 Grafik pembebeban rata-rata transformator selama (5 hari) dari hari Senin – Jumat.	61
Gambar 4.7 Grafik ketidakseimbangan beban transformator pada beban puncak. ..	66
Gambar 4.8 Grafik rugi-rugi arus netral terhadap beban puncak transformator.	73
Gambar 4.9 Grafik rata-rata efisiensi transformator pada beban puncak.	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persentase (%) impedansi transformator fase-3 dan fasa-1	17
Tabel 2.2 Pembebanan transformator menurut IEC 60354.....	17
Tabel 3.1 Hasil pengukuran hari senin	44
Tabel 3.2 hasil pengukuran hari selasa	44
Tabel 3.3 hasil pengukuran hari rabu	45
Tabel 3.4 hasil pengukuran hari kamis	46
Tabel 3.5 hasil pengukuran hari jumat	46