

TUGAS AKHIR

ANALISA RUGI-RUGI TRANSFORMATOR AKIBAT HARMONISA DI GARDU TEKNIKAL T10 BANDAR UDARA INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai
gelar Sarjana Strata Satu (S1)



Disusun Oleh:

Nama : Aditya Erlangga Putra

N.I.M : 41419110100

Pembimbing : Sulistyono, S.T., M.M.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA RUGI-RUGI TRANSFORMATOR AKIBAT
HARMONISA DI GARDU TEKNIKAL T10 BANDAR UDARA
INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA**



Disusun Oleh:

Nama : Aditya Erlangga Putra
NIM : 41419110100
Program Studi : Teknik Elektro

UNIVERSITAS
Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir
MERCU BUANA

(Sulistyono, S.T., M.M.)

Kaprodi Teknik Elektro

Koordinator Tugas Akhir

(Dr. Setiyo Budiyo, S.T., M.T.)

(Muhammad Hafidz Ibnu Hajar, S.T., M.Sc.)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang Bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Aditya Erlangga Putra
NIM : 41419110100
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Analisa Rugi-Rugi Transformator Akibat Harmonisa di Gardu Teknikal T10 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Jakarta, September 2020

Aditya Erlangga Putra
(Aditya Erlangga Putra)

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT, Tuhan Semesta Alam yang berkat rahmat, ridho, dan hidayah-Nya semua ini dapat terjadi. Shalawat beriring salam senantiasa tercurahkan kepada suri tauladan dan pembawa risalah kebenaran baginda Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, serta pengikutnya hingga akhir zaman. Alhamdulillah syukur atas berkat rahmat kesehatan dan kesempatan yang diberikan-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul "Analisa Rugi-Rugi Transformator Akibat Harmonisa di Gardu Teknikal T10 Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta" sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada Bapak Sulistyono, S.T., M.M. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan pengarahan serta bantuan yang telah diberikan dengan ikhlas selama penyusunan Tugas Akhir ini sampai terselesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun tidak lepas dari segala bantuan, bimbingan, dan petunjuk dari berbagai pihak yang sangat membantu penulis. Untuk itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Setyo Budiyanto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta
2. Bapak Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta
3. Bapak/Ibu Dosen Pengampu Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta

4. Bapak H. Redy Susanto, S.H. dan Ibu Hj. Yuliati, S.H. selaku orang tua penulis yang selalu memberikan nasehat, arahan, serta dukungan moril
5. Assistant Manager Dinas UPS & Converter PT Angkasa Pura II (Persero) KCU Bandara Internasional Soekarno-Hatta beserta jajaran
6. Assistant Manager Dinas Electrical Facility Non Terminal PT Angkasa Pura II (Persero) KCU Bandara Internasional Soekarno-Hatta beserta jajaran
7. Teman-teman Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta Angkatan 35
8. Saudara, keluarga, kerabat, sahabat, dan pihak-pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhirnya sebagai harapan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan akan menjadi pedoman bagi pembaca dan penelitian-penelitian selanjutnya. Dengan segala kekurangannya penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar dapat diperbaiki sehingga bermanfaat untuk kedepannya.



Jakarta, 05 Januari 2021

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Penulis

ABSTRAK

Distorsi harmonik merupakan fenomena pada sistem tenaga listrik dimana terjadinya gelombang cacat yang disebabkan oleh peningkatan penggunaan beban-beban non linier sehingga menurunnya kualitas dari suplai listrik. Gardu Teknikal T10 sebagai salah satu sarana penunjang penerangan landasan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta banyak menggunakan peralatan elektronik yang bersifat non linier sehingga sangat perlu untuk dikaji mengenai seberapa besar pengaruh harmonisa dan rugi-rugi yang dapat diidentifikasi. Sesuai dengan Standar IEEE 519-2014 bahwa nilai toleransi maksimum harmonisa pada tegangan dibawah 1 KV adalah 8% sedangkan untuk toleransi maksimum pada harmonisa arus dengan rasio hubung singkat transformator senilai 50 sampai 100 yaitu 12%.

Berdasarkan analisa dalam penelitian ini, THD tegangan masih dibawah batas toleransi maksimum dengan 1,1% sampai 1,2% pada pengukuran pukul 08.00 WIB, 1,2% sampai 1,7% pada pukul 16.00 WIB, dan 1% sampai 1,2% pada pukul 23.59 WIB. THD arus yang teridentifikasi pada pengukuran pukul 08.00 WIB melewati batas toleransi dari Standar IEEE 519-2014 yaitu sebesar 13,6% untuk fasa S dan 12,8% untuk fasa T. Sedangkan untuk dan pengukuran fasa R pukul 08.00, semua fasa pukul 16.00 dan 23.59 WIB masih dibawah batas toleransi maksimum yaitu dibawah 12%.

Besar rugi pada transformator sebelum pengaruh harmonisa yaitu 5,25 KW Setelah pengaruh harmonisa, telah didapatkan pada pengambilan data pukul 08.00 WIB besar rugi-rugi yaitu 2,1 KW dengan total rugi menjadi 7,35 KW dan persentase kenaikan rugi transformator sebesar 1,6 %. Untuk pengambilan data pukul 16.00 WIB besar rugi-rugi akibat harmonisa yaitu 1,56 KW dengan total rugi menjadi 6,81 KW dan persentase kenaikan rugi transformator sebesar 1,49 %. Untuk pengambilan data pukul 23.59 WIB besar rugi akibat harmonisa yaitu 1,25 KW dengan total rugi yaitu 6,5 KW dan persentase kenaikan rugi transformator sebesar 1,41 %.

Kata Kunci : Bandara Internasional Soekarno-Hatta, Distorsi Harmonik, Rugi-Rugi, THD, Transformator.

ABSTRACT

Harmonic distortion is a phenomenon in the electricity system where the occurrence of defective waves is caused by an increase in the use of non-linear loads so that the quality of the electricity supply decreases. The T10 Technical Substation as a means of supporting runway lighting at Soekarno-Hatta International Airport uses a lot of non-linear electronic equipment so it is necessary to study the extent of the harmonics and losses that can be identified. In accordance with IEEE 519-2014 Standard, the maximum tolerance value for harmonics at voltages below 1 KV is 8%, while for the maximum tolerance for current harmonics with a transformer short circuit ratio of 50 to 100, it is 12%.

Based on the analysis in this study, the THD of the stress is still below the maximum tolerance limit with 1.1% to 1.2% at 08.00 WIB, 1.2% to 1.7% at 16.00 WIB, and 1% to 1.2 % at 23.59 WIB. The THD of the identified currents in the measurement at 08.00 WIB exceeds the tolerance limit of the IEEE 519-2014 Standard, which is 13.6% for the S phase and 12.8% for the T phase. 16.00 and 23.59 WIB are still below the maximum tolerance limit, which is below 12%.

The amount of loss in the transformer before the effect of harmonics is 5.25 KW. After the effect of harmonics, it has been found that in data collection at 08.00 WIB the amount of losses is 2.1 KW with a total loss of 7.35 KW and the percentage increase in transformer loss is 1.6 %. For data collection at 16.00 WIB, the large losses due to harmonics are 1.56 KW with a total loss of 6.81 KW and the percentage increase in transformer loss is 1.49%. For data collection at 23.59 WIB, the large loss due to harmonics was 1.25 KW with a total loss of 6.5 KW and the percentage increase in transformer loss was 1.41%.

Keywords: Soekarno-Hatta International Airport, Harmonic Distortion, Losses, THD, Transformers.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian	5
1.6. Metode Penelitian	6
1.7. Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	8
2.1. Tinjauan Pustaka	8
2.2. Kualitas Daya Listrik	12
2.3. Transformator	13
2.3.1. Bagian-Bagian Transformator	15
2.3.2. Rugi-Rugi Pada Transformator	22
2.4. Distorsi Harmonik	28
2.4.1. Orde Harmonik	29
2.4.2. <i>Total Harmonic Distortion (THD)</i>	30
2.4.3. <i>Individual Harmonic Distortion (IHD)</i>	33

2.5. Penyebab Timbulnya Harmonik	33
2.6. Akibat Yang Ditimbulkan Harmonik	35
2.6.1. Efek Negatif Jangka Pendek	36
2.6.2. Efek Yang Bersifat Kontinu	37
2.7. Harmonisa Pada Transformator	39
2.8. <i>Power Quality Analyzer</i>	42
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	44
3.1. Metode Penelitian	44
3.2. Diagram Alir Penelitian	45
3.3. Analisis Tahapan Penelitian	46
3.4. Skema Pengambilan Data	47
3.5. Metode Perhitungan	48
3.5.1. Perhitungan <i>Short Circuit Ratio</i>	49
3.5.2. Perhitungan Rugi-Rugi Daya	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	52
4.1. Pengambilan Data Lapangan	52
4.2. Hasil Pengukuran	54
4.3. Perhitungan <i>Short Circuit Ratio</i>	62
4.4. Perhitungan Rugi-Rugi Transformator	65
4.4.1. Perhitungan Beban Sebelum Pengaruh Harmonisa	65
4.4.2. Perhitungan Rugi-Rugi Setelah Pengaruh Harmonisa	66
BAB V PENUTUP	79
5.1. Kesimpulan	79
5.2. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	xii
LAMPIRAN	xiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elektromagnetik Pada Transformator	13
Gambar 2.2	Inti Besi	16
Gambar 2.3	Belitan Trafo	16
Gambar 2.4	Bushing Trafo	17
Gambar 2.5	Konstruksi Konservator dengan <i>Rubber Bag</i>	20
Gambar 2.6	Ilustrasi timbulnya arus eddy	25
Gambar 2.7	Grafik Rugi Hysterisis	27
Gambar 2.8	Gelombang Dasar, Harmonik, dan Terdistorsi	29
Gambar 2.9	Bentuk Gelombang Harmonik Berdasarkan Frekuensi	29
Gambar 2.10	Bentuk Spektrum Harmonik	30
Gambar 2.11	Bentuk Gelombang Beban Linier	34
Gambar 2.12	Bentuk Gelombang Beban Non Linier	34
Gambar 2.13	<i>Power Quality Analyzer</i>	43
Gambar 3.1	Diagram Alir (<i>Flowchart</i>)	45
Gambar 3.2	Gardu Teknikal T10 Bandara Internasional Soekarno-Hatta	47
Gambar 3.3	Skema Pengukuran	48
Gambar 4.1	Transformator Gardu Teknikal T10	53
Gambar 4.2	Grafik Pengukuran IHDv Pukul 08.00 WIB	55
Gambar 4.3	Grafik Pengukuran IHDv Pukul 16.00 WIB	56
Gambar 4.4	Grafik Pengukuran IHDv Pukul 23.59 WIB	57
Gambar 4.5	Grafik Pengukuran IHDi Pukul 08.00 WIB	58
Gambar 4.6	Grafik Pengukuran IHDi Pukul 16.00 WIB	59
Gambar 4.7	Grafik Pengukuran IHDi Pukul 23.59 WIB	60
Gambar 4.8	Data Arus Beban Puncak	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rekap Jurnal Penelitian	11
Tabel 2.2	Macam-Macam Pendingin pada Transformator	19
Tabel 2.3	Rugi-Rugi Transformator Fasa Tunggal	22
Tabel 2.4	Nilai Rugi-Rugi Transformator Tiga Fasa	23
Tabel 2.5	Nilai Standar yang digunakan pada P_{EC-f}	26
Tabel 2.6	Standar Batas Distorsi Harmonik Tegangan	31
Tabel 2.7	Standar Batas Distorsi Harmonik Arus	32
Tabel 4.1	Spesifikasi Transformator	53
Tabel 4.2	Data Beban-Beban	53
Tabel 4.3	Pengukuran IHDv Pukul 08.00 WIB	55
Tabel 4.4	Pengukuran IHDv Pukul 16.00 WIB	56
Tabel 4.5	Pengukuran IHDv Pukul 23.59 WIB	57
Tabel 4.6	Pengukuran IHDi Pukul 08.00 WIB	58
Tabel 4.7	Pengukuran IHDi Pukul 16.00 WIB	59
Tabel 4.8	Pengukuran IHDi Pukul 23.59 WIB	60
Tabel 4.9	Pengukuran THD Pukul 08.00 WIB	61
Tabel 4.10	Pengukuran THD Pukul 16.00 WIB	61
Tabel 4.11	Pengukuran THD Pukul 23.59 WIB	62
Tabel 4.12	Rekapitulasi Pengukuran THD Tegangan (THDv)	64
Tabel 4.13	Rekapitulasi Pengukuran THD Arus (THDi)	64
Tabel 4.14	Rekapitulasi Besar Beban Sebelum Pengaruh Harmonisa	66
Tabel 4.15	Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Fasa R Pukul 08.00 WIB	66
Tabel 4.16	Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Fasa S Pukul 08.00 WIB	67
Tabel 4.17	Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Fasa T Pukul 08.00 WIB	68
Tabel 4.18	Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Fasa R Pukul 16.00 WIB	68
Tabel 4.19	Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Fasa S Pukul 16.00 WIB	69

Tabel 4.20 Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Phasa T Pukul 16.00 WIB	70
Tabel 4.21 Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Phasa R Pukul 23.59 WIB	70
Tabel 4.22 Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Phasa S Pukul 23.59 WIB	71
Tabel 4.23 Nilai <i>Losses</i> Trafo Pada Phasa T Pukul 23.59 WIB	71
Tabel 4.24 Perhitungan P Base Setiap Waktu Pengukuran	72
Tabel 4.25 Perhitungan Rugi Tembaga, Arus Eddy, dan Histerisis	73
Tabel 4.26 Perhitungan Rugi Akibat Harmonisa per Phasa	75
Tabel 4.27 Rekapitulasi Rugi-Rugi Daya Transformator	78

