

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN I</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN II</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>xix</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xx</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penulisan.....	4
1.5 Manfaat Penulisan .....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Sistem Tenaga Listrik .....	7

2.2.1 Pembangkitan .....	7
2.2.2 Transmisi .....	9
2.2.3 Distribusi .....	11
2.3 Komponen Dalam Sistem Distribusi.....	13
2.3.1 Gardu Induk.....	13
2.3.2 Jaringan Distribusi Primer .....	14
2.3.3 Gardu Distribusi .....	17
2.3.4 Rak TR.....	22
2.3.5 Transformator Distribusi .....	22
2.3.6 Saluran Distribusi Sekunder .....	26
2.3.7 Penghantar Pada Saluran Distribusi .....	28
2.4 KWh Meter .....	31
2.4.1 KWh Meter <i>Analog</i> (Pascabayar).....	31
2.4.2 Kwh Meter <i>Digital</i> (Prabayar) .....	32
2.5 Persyaratan Sistem Distribusi .....	35
2.5.1 Faktor Keandalan Sistem.....	35
2.5.2 Faktor Kualitas Sistem .....	36
2.5.3 Faktor Keselamatan .....	36
2.5.4 Faktor Pemeliharaan .....	37
2.5.5 Faktor Perencanaan.....	37
2.6 Tegangan Distribusi .....	37
2.6.1 Tegangan Menengah (TM) .....	37
2.6.2 Tegangan Rendah (TR) .....	38
2.6.3 Tegangan Pelayanan .....	38
2.7 Sistem Tiga Fasa .....	39

2.7.1 Ketidakseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi Tegangan	
Rendah .....	41
2.7.2 Arus Beban Penuh Transformator .....	43
2.7.3 Persentase Pembebanan Transformator.....	44
2.7.4 Persentase Ketidakseimbangan Beban .....	44
2.7.5 Losses (susut) Energi Pada Sistem Tiga Fasa Beban Tidak	
Seimbang .....	45
2.7.6 Rugi-rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah .....	46
2.7.7 Pemerataan Beban Dengan Metode <i>All Reconnecting</i> .....	49

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Jenis Penelitian.....	50
3.2 Lokasi Penelitian Tugas Akhir .....	50
3.3 Alat Dan Bahan.....	51
3.4 Pengumpulan Data.....	52
3.5 Tahapan Penelitian .....	53
3.5.1 Studi Pendahuluan .....	54
3.5.2 Studi Literatur .....	54
3.5.3 Pengumpulan Data.....	55
3.5.4 Pengolahan Data .....	58
3.5.5 Analisis Dan Perhitungan .....	59
3.5.6 Penyusunan Tugas Akhir .....	60

### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Sistem Kelistrikan di Gardu Distribusi dan JTR MR 001 .....	61
4.1.1 Perhitungan Arus Netral Transformator Berdasarkan Data	
Pengukuran pada Tabel 4.3.....	65

4.1.2 Rugi-rugi ( <i>losses</i> ) Energi dan Finansial pada Sistem Tiga Fasa	
Beban Tidak Seimbang Berdasarkan Tabel 4.4.....	68
4.1.3 Presentase Pembebanan Transformator .....	69
4.1.4 Persentase Ketidakseimbangan Beban.....	71
4.2 Analisis Rugi Daya JTR MR 001 .....	73
4.2.1 Analisis Pada Kondisi Beban Seimbang.....	73
4.2.2 Analisis pada Kondisi Beban Tidak Seimbang .....	78
4.2.3 Hasil Perbandingan Rugi-rugi Daya.....	85
4.2.4 Rugi-rugi ( <i>losses</i> ) Energi dan Kerugian Finansial pada JTR	
MR 001 Beban Seimbang dan Tidak seimbang .....	86
4.3 Penyeimbangan Beban Pada Tiap Fasa.....	88
4.3.1. Perhitungan Nilai Arus Masing-masing Pelanggan Berdasarkan	
Pemakaian kWh Listrik .....	89
4.3.2. Rencana Penyeimbangan Beban pada Tiap Fasa Dengan Metode	
“ <i>All Reconnecting</i> ” .....	94
4.3.2.1 Perhitungan Arus Netral Transformator Berdasarkan Data	
Hasil Pengukuran Setelah Melakukan Rencana	
Pemerataan Beban.....	99
4.3.2.2 Rugi-rugi Energi ( <i>Losses</i> ) Energi dan Finansial Setelah	
Dilakukan Penyeimbangan Beban .....	102
4.3.2.3 Persentase Pembebanan Transformator.....	103
4.3.2.4 Persentase Ketidakseimbangan Beban Setelah Dilakukan	
Penyeimbangan Beban.....	105
4.4 Perbandingan Setelah dilakukan Rencana Penyeimbangan Beban dan	
Sebelum Dilakukan Rencana Penyeimbangan Beban .....	106

4.2.1 Perbandingan Setelah Rencana Penyeimbangan Beban dengan Pengukuran Sebelum Rencana penyeimbangan Beban. ....	107
4.2.2 Perbandingan Setelah Rencana Penyeimbangan Beban dengan Perhitungan Sebelum Rencana penyeimbangan Beban. ....	108

## **BAB V KESIMPULAN**

5.1 Kesimpulan .....	110
5.2 Saran .....	112

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	113
-----------------------------	-----

<b>LAMPIRAN</b> .....	114
-----------------------	-----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Umum Sistem Tenaga Listrik.....	8
Gambar 2.2 <i>Overhead Lines</i> .....	10
Gambar 2.3 <i>Underground cables</i> .....	11
Gambar 2.4 Skema umum distribusi.....	12
Gambar 2.5 Sistem Radial.....	14
Gambar 2.6 Sistem / pola <i>open loop</i> .....	15
Gambar 2.7 Sistem / pola <i>close loop</i> .....	16
Gambar 2.8 Sistem / pola Spindel.....	16
Gambar 2.9 Sistem / pola <i>Cluster</i> .....	17
Gambar 2.10 Gardu Beton .....	18
Gambar 2.11 Gardu Besi (kios) .....	19
Gambar 2.12 Gambar Gardu Tiang.....	20
Gambar 2.13 Gardu Mobil .....	21
Gambar 2.14 Rak TR .....	22
Gambar 2.15 Saluran Distribusi Sekunder.....	27
Gambar 2.16 Medan magnet pada kWh meter <i>analog</i> .....	31
Gambar 2.17 kWh meter <i>digital</i> (prabayar).....	34
Gambar 2.18 Diagram blok kWh-meter digital PLN.....	34
Gambar 2.19 Sistem 3 phasa umum dengan urutan ABC.....	40
Gambar 2.20 Diagram Fasor Sistem 3 fasa Beban Seimbang .....	41
Gambar 2.21 Diagram Fasor Sistem 3 fasa Beban Tidak Seimbang .....	42

Gambar 3.1 Lokasi Gardu MR001 dan JTR .....	51
Gambar 3.2 Flow Chart Tahapan Penelitian .....	53
Gambar 4.1 Konfigurasi JTR MR 001 .....	62
Gambar 4.2 Diagram Fasor Beban Tidak Seimbang Waktu Siang Hari (WLBP).....	67
Gambar 4.3 Diagram Fasor Beban Tidak Seimbang Waktu Malam Hari (WBP).....	67
Gambar 4.4 Diagram Fasor Beban waktu siang hari (WLBP) Setelah Dilakukan Rencana Penyeimbangan Beban .....	101
Gambar 4.5 Diagram Fasor Beban Waktu malam hari (WBP) Setelah Dilakukan Rencana Penyeimbangan Beban .....	101

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggolongan Tarif Tenaga Listrik.....	28
Tabel 2.2 Perbandingan Keuntungan Kerugian Tegangan Tinggi pada Jaringan Distribusi.....	39
Tabel 3.1 Spesifikasi Transformator di Gardu MR001 .....	56
Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Transformator .....	57
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Beban Jurusan.....	63
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengukuran .....	64
Tabel 4.3 Total daya JTR Hasil Pengukuran .....	65
Tabel 4.4 Nilai Arus Pada Tiap Fasa dan Netral.....	67
Tabel 4.5 Rekapitulasi Rugi-rugi Akibat Beban Tidak Seimbang .....	69
Tabel 4.6 Persentase Pembebanan Transformator Hasil Pengukuran.....	71
Tabel 4.7 Persentase Ketidakseimbangan Beban Transformator Hasil Pengukuran ..	72
Tabel 4.8 Rugi-rugi Daya Beban Seimbang pada Penghantar LVTC .....	75
Tabel 4.9 Total Rugi-rugi Daya LVTC untuk Beban Seimbang .....	76
Tabel 4.10 Total Rugi-rugi Daya pada Penghantar NFA2X untuk Beban Seimbang	77
Tabel 4.11 Total Rugi-rugi Daya Beban Seimbang .....	78
Tabel 4.12 Rugi-rugi Daya Beban Tidak Seimbang pada Penghantar LVTC .....	82
Tabel 4.13 Total Rugi-rugi Daya pada Penghantar LVTC untuk Beban Tidak Seimbang .....	83
Tabel 4.14 Total Rugi-rugi Daya pada Penghantar NFA2X Untuk Beban Tidak Seimbang. ....	84



Tabel 4.15 Total rugi-rugi Daya Beban Tidak Seimbang .....	85
Tabel 4.16 Perbandingan Rugi-rugi Daya pada JTR MR 001 .....	86
Tabel 4.17 Total Kerugian Energi dan Finansial JTR MR 001 .....	88
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Arus pada Masing-masing Jurusan Kondisi Sebelum Diseimbangkan .....	90
Tabel 4.19 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Arus Tiap Pelanggan Kondisi Sebelum Diseimbangkan .....	91
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Keseluruhan Berdasarkan Data Rekapitulasi Arus pada Tiap Pelanggan Kondisi Sebelum Diseimbangkan .....	93
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Arus pada Masing-masing Jurusan Kondisi Setelah Diseimbangkan .....	95
Tabel 4.22 Pemindahan Fasa SR Lama ke Fasa Sadapan SR Baru .....	96
Tabel 4.23 Hasil Rekapitulasi Nilai Arus Tiap Fasa Setelah Dilakukan Rencana Penyeimbangan Beban .....	97
Tabel 4.24 Total daya JTR Hasil Perhitungan Setelah Melakukan Rencana Penyeimbangan Beban .....	98
Tabel 4.25 Nilai Arus Pada Tiap Fasa dan Netral Setelah Dilakukan Perencanaan Penyeimbangan Beban .....	100
Tabel 4.26 Rekapitulasi Rugi-rugi Setelah Dilakukan Rencana Penyeimbangan Beban .....	103
Tabel 4.27 Persentase Pembebanan Setelah Dilakukan Rencana Penyeimbangan Beban .....	105

Tabel 4.28 Tabel 4.25 Nilai Arus Pada Tiap Fasa dan Netral Setelah Dilakukan Perencanaan Penyeimbangan Beban .....	106
Tabel 4.29 Perbandingan Setelah Rencana Penyeimbangan Beban dengan Pengukuran Sebelum Rencana Penyeimbangan Beban.....	107
Tabel 4.30 Perbandingan Setelah Rencana Penyeimbangan Beban dengan Perhitungan Sebelum Rencana penyeimbangan Beban.....	109

## DAFTAR SINGKATAN

A	=	<i>Ampere</i>
AC	=	<i>Alternating Current</i>
AP2B	=	Area Penyaluran dan Pengatur Beban
APP	=	Alat Pengukur dan Pembatas
ACSR	=	<i>Alluminium Cable Steel Reinforced</i>
BS	=	Beban Seimbang
BTS	=	Beban Tidak Seimbang
CB	=	<i>Circuit Breaker</i>
CT	=	<i>Current Transformer</i>
DC	=	<i>Direct Current</i>
DS	=	<i>Disconnecting Switch</i>
GI	=	Gardu Induk
GWh	=	<i>Giga Watt Hour</i>
JTR	=	Jaringan Tegangan Rendah
JTM	=	Jaringan Tegangan Menengah
KV	=	Kilo Volt
KWh	=	Kilo Volt-hours
LA	=	<i>Lightning Arrester</i>
LVTC	=	<i>Low Voltage Twisted Cable</i>
MVA	=	<i>Mega Volt Ampere</i>
MW	=	Mega Watt

NGR	=	<i>Neutral Grounding Resistance</i>
PLN	=	Perusahaan Listrik Negara
PT	=	<i>Potential Transformer</i>
SR	=	Sambungan Rumah
SUTET	=	Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi
SUTM	=	Saluran Udara Tegangan Menengah
SUTR	=	Saluran Udara Tegangan Rendah
SUTT	=	Saluran Udara Tegangan Tinggi
TR	=	Tegangan Rendah
V	=	Volt
VA	=	Volt Ampere
Wh	=	Watt Hour
WLBP	=	Waktu Luar Beban Puncak
WBP	=	Waktu Beban Puncak

## Halaman Persembahan



*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala kemudahan, rahmat, dan hidayah-Nya yang diberikan kepada kita sehingga kita dapat menjalankan amanah yang menjadi tanggung jawab kita. Sholawat serta salam senantiasa selalu tercurah kepadajunjunan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga, serta sahabatnya. Semoga kita semua menjadi pengikutnya hingga akhir zaman aamiin.

Adapun maksud dari disusunnya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Judul yang penulis ajukan adalah “Analisis Ketidakseimbangan Beban dan Rencana Penyeimbangan Beban Dengan Metode *All Reconnecting*” di Gardu Distribusi PT.(Persero) Cabang flores Bagian Barat.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, penulis tidak bisa terlepas dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT. tidak cukup terimakasih untuk semua yang diberikan-Nya.
2. Nabi Muhammad SWT sebagai tauladan, panutan bagi umat manusia.
3. Orang tua serta adik-adikku dan seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan doa dan dukungan.

4. Bapak *Ir Agus Jamal* , M.T., selaku kepala program studi teknik elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Bapak *Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T.* selaku pembimbing 1 yang telah memberikan saya bimbingan.
6. Bapak *Yudhi Ardiyanto, S.T.,M.Eng.* selaku pembimbing 2 yang senantiasa meluangkan waktu untuk mendampingi memberikan bimbingan, solusi, serta nasehat.
7. Seluruh teman-teman keluarga besar Teknik Elektro UMY, khususnya Elektro'13 A yang telah menjadi keluarga penulis selama menjalani studi strata satu.
8. Kekasih hati saya saat ini Rizka Putri Aprelia yang selalu memberi dukungan dan mendoakan untuk kelancaran penulisan skripsi ini.
9. Teman saya Nur Muhammad, Amrizal Rais,, Bimasakti dan Loudy fajar yang selalu membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Semua anak-anak kost sulasno dan semua pihak yang terkait dalam penulisan skripsi ini, Terimakasih atas kerjasama dan dukungannya.

Semoga amal baik Bapak / Ibu / Saudara / Saudari diberikan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua yang membaca dan menikmatinya.

*WassalamualaikumWr. Wb.*

Yogyakarta, 18 Mei 2017

Penulis

## MOTTO

*“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu  
maka dia berada di jalan Allah”*

-HR. Tarmidzi-

*“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagi kamu  
dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu padahal ia amat buruk bagi kamu.  
Allah maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahuinya”*

-Al-Baqarah: 216-

*“Man jadda Wa jadda.”*

-Unknow-

## INTISARI

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut timbullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah. persentase ketidakseimbangan pada gardu distribusi MR 001 sebelumnya adalah 32% (WLBP) dan 21,63% (WBP) tetapi setelah dilakukan rencana penyeimbangan beban persentasenya menjadi 4% untuk (WLBP) dan 4% juga untuk (WBP). Setelah dianalisis, diperoleh bahwa bila terjadi ketidakseimbangan beban yang besar, maka arus netral yang muncul juga besar, dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah semakin besar pula

**Kata Kunci :** *Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral, Losses.*