

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**UPAYA MEMINIMALKAN RUGI – RUGI DAYA
GARDU DISTRIBUSI SM 0115 PENYULANG SURABRATA**



Oleh :

Ni Putu Nitha Wahyuni

NIM. 1915313007

PROGRAM STUDI D-III TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2022

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII
Diajukan Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III

**UPAYA MEMINIMALKAN RUGI – RUGI DAYA
GARDU DISTRIBUSI SM 0115 PENYULANG SURABRATA**



Oleh :

Ni Putu Nitha Wahyuni

NIM. 1915313007

**PROGRAM STUDI D-III TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

UPAYA MEMINIMALKAN RUGI – RUGI DAYA
GARDU DISTRIBUSI SM 0115 PENYULANG SURABRATA

Oleh:

Ni Putu Nitha Wahyuni
1915313007

Tugas Akhir ini Diajukan untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III
di

Program Studi Diploma III Teknik Listrik
Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Ni Made Karmiathi, S.T., M.T.

NIP. 197111221998022001

Pembimbing II

Ir. A. A. Ngr. Md. Narottama, M.T.

NIP. 196504081991031002

Disahkan oleh:

Jurusan Teknik Elektro

Ketua



Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T.

NIP. 196505021993031005

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ni Putu Nitha Wahyuni

NIM : 1915313007

Program Studi : DIII Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bali Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul: UPAYA MEMINIMALKAN RUGI – RUGI DAYA GARDU DISTRIBUSI SM 0115 PENYULANG SURABRATA Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Politeknik Negeri Bali berhak menyimpan, mengalihmedia atau mengalihformatkan, mengelola, mendistribusikan, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bukit Jimbaran, 10 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



(Ni Putu Nitha Wahyuni)

FORM PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Ni Putu Nitha Wahyuni

NIM : 1915313007

Program Studi : DIII Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir berjudul UPAYA MEMINIMALKAN RUGI – RUGI DAYA GARDU DISTRIBUSI SM 0115 PENYULANG SURABRATA merupakan memang benar dari karya sendiri dan bukan menjiplak hasil karya orang lain. Hal-hal yang bukan karya saya dalam Tugas Akhir tersebut diberi tanda sitasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan Tugas Akhir dan gelar yang saya peroleh dari Tugas Akhir tersebut.

Bukit Jimbaran, 10 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



(Ni Putu Nitha Wahyuni)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Tugas Akhir yang berjudul “UPAYA MEMINIMALKAN RUGI – RUGI DAYA GARDU DISTRIBUSI SM 0115 PENYULANG SURABRATA” ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Program Pendidikan Diploma-III bagi para Mahasiswa dari Program Studi D-III Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak memperoleh bimbingan dan masukan dari berbagai pihak, secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, S.E., M.eCom selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Listrik di Politeknik Negeri Bali.
4. Ibu Ni Made Karmiathi, S.T., M.T. Selaku dosen Pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. A. A. Ngr. Made Narottama, M.T. Selaku dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Putu Adi Maha Putra, selaku Manager PT. PLN (Persero) ULP Tabanan yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingan kepada penulis.
7. Bapak I Dewa Gede Putra Wiraatmaja, selaku Supervisor Teknik PT. PLN (Persero) ULP Tabanan yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingan kepada penulis.
8. Staf yang bertugas di PT. PLN (Persero) ULP Tabanan yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingan kepada penulis.
9. Orang tua dan keluarga yang telah banyak memberikan dukungan motivasi maupun moral. Dan kepada pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Jimbaran, 07 Agustus 2022

Penulis

ABSTRAK

Ni Putu Nitha Wahyuni

Upaya Meminimalkan Rugi – Rugi Daya Gardu Distribusi SM 0115 Penyulang Surabrata

Pada penyulang Surabrata khususnya pada Gardu Distribusi SM 0115 ditemukannya persentase ketidakseimbangan transformator yang diluar standar pada tahun 2020, dan pada tahun 2021 telah dilakukan pemerataan beban oleh pihak PLN. Pada tahun 2022 diukur kembali pada transformator distribusi SM 0115 dan dilihat dari hasil pengukuran bahwa transformator pada gardu distribusi SM 0115 masih mengalami ketidakseimbangan beban dengan persentase diatas standar yaitu pada tahun 2022 sebesar 12% pada saluran induk, 12% pada jurusan A dan 11% pada jurusan D. Akibat terjadinya ketidakseimbangan beban akan berdampak pada penyediaan tenaga listrik yang akan menimbulkan rugi – rugi daya secara teknis. Guna menekan adanya rugi – rugi daya akibat adanya ketidakseimbangan beban transformator, maka dilakukan upaya pemerataan beban pada gardu distribusi SM 0115, dengan cara memindahkan phasa yang memiliki beban yang tinggi ke phasa yang memiliki beban yang rendah, yaitu pada jurusan A dengan memindah 1 pelanggan dari phasa R ke phasa S sedangkan pada jurusan D dengan memindahkan 2 pelanggan dari phasa T ke phasa S. Setelah dilakukan pemerataan beban persentase ketidakseimbangan beban menjadi berkurang yaitu menjadi sebesar 0.30% pada saluran induk, 1.60% pada jurusan A dan 0.30% pada jurusan D setelah pemerataan beban rugi-rugi daya pun berkurang.

Kata Kunci : Ketidakseimbangan Beban, Rugi Daya, Pemerataan Beban.

ABSTRACT

Ni Putu Nitha Wahyuni

Effort To Minimize Power Loss Of SM 0115 Distribution Substation at Surabrata Feeder

At the Surabrata feeder, especially at the SM 0115 Distribution Substation, it was found that the percentage of transformer imbalance was outside the standard in 2020, and in 2021 the burden was equalized by PLN. In 2022, it was measured again on the SM 0115 distribution transformer, and seen from the measurement results that the transformer at the SM 0115 distribution substation was still experiencing load imbalance with a percentage above the standard, namely in 2022 12% in the main line, 12% in the A direction and 11% in the main line. majors D. As a result of the load imbalance will have an impact on the supply of electricity which will cause technical power losses. To suppress power losses due to an imbalance in transformer loads, an effort is made to equalize the load on the SM 0115 distribution substation, by moving the phase that has a high load to a phase that has a low load, namely in direction A by moving 1 customer from the R phase to the S phase while in the D direction by moving 2 customers from the T phase to the S phase. After equalizing the load, the percentage of load imbalance is reduced, namely, 0.30% in the main line, 1.60% in the A-line, and 0.30% in the D direction after the even distribution of the burden of power losses is reduced.

Keywords: Unbalance Load, Power Loss, Load Equalization.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah.....	I-3
1.3. Batasan Masalah	I-3
1.4. Tujuan	I-4
1.5. Manfaat	I-4
1.6. Sistematika Penulisan	I-5
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1. Sistem Tenaga Listrik	II-1
2.2. Jaringan Distribusi Tenaga Listrik	II-1
2.3. Jaringan Distribusi Primer	II-2
2.4. Jaringan Distribusi Sekunder	II-2
2.5. Daya Listrik	II-2
2.5.1. Daya Semu (S)	II-3
2.5.2. Daya Nyata (P)	II-3

2.5.3.	Daya Reaktif (Q)	II-4
2.6.	Gardu Distribusi.....	II-4
2.6.1.	Gardu Portal	II-5
2.6.2.	Gardu Cantol.....	II-6
2.6.3.	Gardu Beton	II-7
2.6.4.	Gardu Kios	II-7
2.6.5.	Gardu Pelanggan Umum.....	II-8
2.6.6.	Gardu Pelanggan Khusus	II-9
2.7.	Transformator	II-9
2.7.1.	Prinsip Kerja Transformator	II-10
2.7.2.	Pembebanan Transformator	II-11
2.8.	Transformator Distribusi	II-12
2.8.1	Kapasitas Transformator	II-13
2.9.	Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah.....	II-14
2.9.1.	Kabel NFA2X-T	II-14
2.9.2.	Kabel NFA2X	II-15
2.10.	Ketidakseimbangan Beban Transformator	II-16
2.10.1.	Transformator Dengan Beban Seimbang.....	II-16
2.10.2.	Transformator Dengan Beban Tidak Seimbang.....	II-17
2.11.	Arus Netral	II-19
2.12.	Rugi – Rugi Daya Jaringan Distribusi Sekunder.....	II-20
2.12.1.	Rugi – Rugi Daya Akibat Arus Mengalir Pada Penghantar Netral	II-20
2.13.	Pemerataan Beban	II-20
2.14.	Hukum Kirchoff.....	II-21
BAB III METODELOGI PENELITIAN		III-1
3.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian	III-1

3.2. Objek Penelitian	III-1
3.3. Jenis Data	III-1
3.4. Metode Pengambilan Data	III-2
3.5. Pengolahan Data.....	III-3
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	III-6
3.7. Analisis Data	III-7
3.8. Hasil Yang Diharapkan	III-7
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	IV-1
4.1. Gambaran Umum	IV-1
4.2. Data Teknis Objek Penelitian	IV-1
4.2.1. Data Teknis Gardu Distribusi SM 0115	IV-1
4.2.2. <i>Single Line</i> Diagram Penyulang Surabrata Gardu Distribusi SM 0115	IV-3
4.2.3. Data Pelanggan Pada Gardu Distribusi SM 0115	IV-4
4.3. Data Hasil Pengukuran.....	IV-6
4.4. Perhitungan Pada Tahun 2020 (Kondisi Awal Sebelum Pemerataan oleh PLN)	IV-8
4.4.1. Pembebanan Transformator Distribusi SM 0115.....	IV-8
4.4.2. Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi SM 0115....	IV-9
4.4.3. Rugi – Rugi Daya Akibat Adanya Arus Netral.....	IV-14
4.5. Perhitungan Pada Tahun 2022 (Setelah Dilakukan Pemerataan Oleh PLN)	IV-18
4.5.1. Pembebanan Transformator Distribusi SM 0115.....	IV-18
4.5.2. Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi SM 0115..	IV-19
4.5.3. Rugi – Rugi Daya Akibat Adanya Arus Netral.....	IV-24
4.6. Perhitungan Pemerataan Beban	IV-28
4.6.1. SOP Pemerataan Beban	IV-28
4.6.2. Pemerataan Beban Pada Jurusan A	IV-29

4.6.3. Pemerataan Beban Pada Jurusan D	IV-37
4.7. Perhitungan Arus Netral Setelah Pemerataan Beban	IV-45
4.8. Perhitungan Setelah Pemerataan Beban Kembali.....	IV-48
4.8.1. Pembebanan Transformator Distribusi SM 0115.....	IV-48
4.8.2. Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi SM 0115..	IV-49
4.8.3. Rugi – Rugi Daya Akibat Adanya Arus Netral.....	IV-54
4.9. Analisis	IV-58
4.9.1. Analisis Perhitungan Pada Tahun 2020 (Kondisi Awal Sebelum Pemerataan oleh PLN)	IV-58
4.9.2. Analisis Perhitungan Pada Tahun 2022 (Setelah Dilakukan Pemerataan oleh PLN)	IV-60
4.9.3. Analisis Perencanaan Pemerataan Beban	IV-62
4.9.4. Analisis Perhitungan Setelah Dilakukan Perencanaan Pemerataan Beban Kembali.....	IV-63
4.9.5. Grafik Perbandingan Pembebanan Transformator Distribusi SM 0115.....	IV-66
4.9.6. Grafik Perbandingan Ketidakseimbangan Beban Transformator	IV-66
4.9.7. Grafik Perbandingan Arus Netral	IV-67
4.9.8. Grafik Perbandingan Rugi – Rugi Daya	IV-68
BAB V PENUTUP	V-1
5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik ^[3]	II-1
Gambar 2. 2 Segitiga Daya ^[21]	II-2
Gambar 2. 3 Gardu Portal dan Bagan satu garis ^[5]	II-6
Gambar 2. 4 Gardu Cantol ^[5]	II-7
Gambar 2. 5 Gardu Beton ^[5]	II-7
Gambar 2. 6 Gardu Kios ^[5]	II-8
Gambar 2. 7 Bagan satu garis Konfigurasi π section Gardu Pelanggan Umum ^[5]	II-8
Gambar 2. 8 <i>Single Line</i> Gardu Pelanggan Khusus ^[5]	II-9
Gambar 2. 9 Transformator Tipe Cangkang dan Inti ^[7]	II-10
Gambar 2. 10 Kumparan Trafo ^[13]	II-10
Gambar 2. 11 Vektor Arus Dalam Keadaan Seimbang ^[11]	II-16
Gambar 2. 12 Vektor Arus Keadaan Tidak Seimbang ^[11]	II-17
Gambar 2. 13 Jumlah Arus Tiap Titik pada Rangkaian Bercabang ^[17]	II-21
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	III-5
Gambar 4. 1 One Line Diagram Gardu Distribusi SM 0115	IV-2
Gambar 4. 2 Single Line Diagram Penyulang Surabrata	IV-3
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan fasa R ke fasa T	IV-32
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan fasa R ke fasa S	IV-33
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan fasa T ke fasa R	IV-35
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan fasa T ke fasa S	IV-36
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan fasa R ke fasa T	IV-40
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan fasa R ke fasa S	IV-41
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan fasa T ke fasa R	IV-42

Gambar 4. 10 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan Pemindahan phasa T ke phasa S	IV-43
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Persentase Pembebanan Transformator	IV-66
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Ketidakseimbangan Beban Transformator.....	IV-66
Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Arus Netral	IV-67
Gambar 4. 14 Grafik Perbandingan Rugi - Rugi Daya (Watt).....	IV-68
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan Rugi - Rugi Daya (%)	IV-68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Persentase (%) Impedansi Transformator phasa-3 dan phasa-1 ^[14]	I-14
Tabel 2. 2	Karakteristik Kabel Pilin NFA2X-T ^[14]	I-15
Tabel 2. 3	Karakteristik Kabel Pilin NFA2X ^[14]	I-16
Tabel 2. 4	Health Index Persentase(%) Ketidakseimbangan Arus Antar Phasa ^[15]	I-18
Tabel 4. 1	Data Pelanggan Gardu Distribusi SM 0115	IV-4
Tabel 4. 2	Data Rata – Rata Pengukuran Arus pada Tahun 2020.....	IV-6
Tabel 4. 3	Data Rata - Rata Pengukuran Tegangan pada Tahun 2020	IV-6
Tabel 4. 4	Data Hasil Pengukuran Arus pada Tahun 2022 Selama Tujuh Hari.....	IV-6
Tabel 4. 5	Data Hasil Pengukuran Tegangan pada Tahun 2022 Selama Tujuh Hari..	IV-7
Tabel 4. 6	Data Hasil Nilai Rata - Rata Pengukuran Arus Tahun 2022.....	IV-7
Tabel 4. 7	Data Hasil Nilai Rata – Rata Pengukuran Tegangan Tahun 2022	IV-8
Tabel 4. 8	Pemindahan Beban Pada Phasa R	IV-31
Tabel 4. 9	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa R ke Phasa T	IV-32
Tabel 4. 10	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa R ke Phasa S	IV-33
Tabel 4. 11	Pemindahan Beban Pada Phasa T	IV-34
Tabel 4. 12	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa T ke Phasa R	IV-34
Tabel 4. 13	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa T ke Phasa S.....	IV-35
Tabel 4. 14	Pemindahan Beban Pada Phasa R.....	IV-39
Tabel 4. 15	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa R ke Phasa T	IV-39
Tabel 4. 16	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa R ke Phasa S	IV-40
Tabel 4. 17	Pemindahan Beban Pada Phasa T	IV-42
Tabel 4. 18	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa T ke Phasa R	IV-42
Tabel 4. 19	Tabel Perhitungan pemindahan Phasa T ke Phasa S.....	IV-43
Tabel 4. 20	Data Arus Setelah Pemerataan Beban.....	IV-45
Tabel 4. 21	Arus Netral Setelah Pemerataan Beban	IV-48
Tabel 4. 22	Nilai Persentase Pembebanan Transformator Pada Tahun 2020	IV-59
Tabel 4. 23	Nilai Persentase Ketidakseimbangan Beban Pada Tahun 2020.....	IV-59
Tabel 4. 24	Nilai Rugi-Rugi Daya Akibat Arus Netral Pada Tahun 2020.....	IV-60
Tabel 4. 25	Nilai Persentase Pembebanan Transformator Pada Tahun 2022	IV-61
Tabel 4. 26	Nilai Persentase Ketidakseimbangan Beban Pada Tahun 2022.....	IV-61
Tabel 4. 27	Nilai Rugi-Rugi Daya Akibat Arus Netral Pada Tahun 2022.....	IV-62

Tabel 4. 28 Nilai Persentase Pembebanan Transformator Setelah Pemerataan Beban Kembali.....	IV-64
Tabel 4. 29 Nilai Persentase Ketidakseimbangan Beban Setelah Pemerataan Beban... ..	IV-64
Tabel 4. 30 Nilai Rugi-Rugi Daya Akibat Arus Netral Pada Tahun 2022.....	IV-65

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L. 1 Konstruksi Gardu Distribusi SM 0115	L-1
Gambar L. 2 PHB-TR Gardu Distribusi SM 0115.....	L-1
Gambar L. 3 Single Line Diagram JTR Gardu Distribusi SM 0115.....	L-2
Gambar L. 4 Single Line Diagram Penyulang Surabrata.....	L-3
Gambar L. 5 Tang Ampere Merk Kyoritsu.....	L-4
Gambar L. 6 Pengukuran Arus	L-5
Gambar L. 7 Pengukuran Tegangan	L-5
Gambar L. 8 Matriks Online Assesment tier-1 pada Trafo Distribusi.....	L-6
Tabel L. 1 Pemindahan Beban Pada Jurusan A	L-7
Tabel L. 2 Pemindahan Beban Pada Jurusan D	L-7

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya permintaan listrik oleh masyarakat, dituntut adanya keandalan sistem penyaluran tenaga listrik yang harus dipenuhi oleh PLN untuk pelayanan kepada konsumen.

Untuk sampai ke konsumen energi listrik harus dibangkitkan oleh sumber energi seperti air, diesel dan lainnya, sehingga sumber energi itu dapat di konversi menjadi energi listrik dan kemudian didistribusikan ke gardu - gardu distribusi. Gardu distribusi merupakan salah satu bagian dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau untuk mendistribusikan tenaga listrik pada konsumen tegangan menengah maupun konsumen tegangan rendah. Sehingga gardu distribusi termasuk bagian terpenting dalam suatu sistem distribusi. Transformator Distribusi merupakan salah satu komponen gardu distribusi yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen.

Ketidakseimbangan beban merupakan suatu keadaan atau kondisi pada jaringan dimana ketiga fasa (R, S, dan T) memiliki arus atau tegangan yang tidak sama besar dan adanya arus yang mengalir pada penghantar netral. Dalam penyaluran tenaga listrik, terjadi pembagian – pembagian beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu penyalan beban – beban, pengkoneksian yang tidak seimbang pada fasa R, S dan T akan menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik yang akan menimbulkan *losses* secara teknis, yang akan merugikan PLN.

Penelitian ini dilakukan pada Gardu Distribusi SM 0115 yang berkapasitas 100 kVA dan memiliki dua jurusan A dan D di Penyulang Surabrata. Pada tahun 2020 ditemukan Transformator pada Gardu Distribusi SM 0115 di Penyulang Surabrata memiliki beban yang tidak seimbang. Hasil pengukuran pada saluran induk didapat persentase ketidakseimbangan beban transformator pada Gardu Distribusi SM 0115 sebesar 21% pada kondisi beban puncak, serta persentase ketidakseimbangan pada jurusan A sebesar 18% dan pada jurusan D sebesar 20%. Agar tercapai penyuplaian listrik yang stabil dan kontinuitas kepada konsumen pada gardu distribusi SM 0115 maka hal tersebut harus

dapat diatasi dengan melakukan pemerataan beban. Pemerataan beban pada Gardu Distribusi SM 0115 sudah dilakukan pada tahun 2021 oleh pihak PT. PLN (Persero). Setelah dilakukan pemerataan beban oleh pihak PLN pada tahun 2021. Penulis melakukan pengukuran kembali pada tahun 2022 di saluran induk serta pada masing – masing jurusan A dan D yang terdapat pada gardu distribusi SM 0115 dari hasil rata – rata pengukuran masih ditemukannya beban yang tidak seimbang pada saluran induk serta pada masing - masing jurusan dengan persentase ketidakseimbangan beban melebihi 10% yaitu pada saluran induk sebesar 12%, pada jurusan A sebesar 12% dan jurusan D sebesar 11%. Dimana dikutip dari Surat Edaran PT. PLN (Persero) Nomor : 0017.E/DIR/2014 tentang metode pemeliharaan transformator distribusi berbasis kaidah manajemen asset bahwa persentase ketidak seimbangan beban $>10\%$ menunjukkan transformator *health index* yang tidak baik dan sistem yang kurang handal. Dimana persentase ketidakseimbangan beban diatas 10% masih dikatakan tidak baik dan perlu dilakukan pemerataan beban kembali. Ketidakseimbangan beban jika tidak ditanggulangi akan menyebabkan adanya arus listrik pada penghantar netral. Pada kondisi beban seimbang arus netral bernilai nol, namun akan sangat sulit mencapai kondisi ideal tersebut di lapangan oleh karena itu PLN menetapkan standar kelayakan besar arus netral pada transformator distribusi pada Surat Edaran PT. PLN (Persero) Nomor : 0017.E/DIR/2014 yaitu sebesar $<15\%$ terhadap arus beban transformator. Besar arus mengalir yang berlebih pada penghantar netral menyebabkan terjadinya rugi – rugi daya dikarenakan penghantar netral juga memiliki resistansi. Guna menekan adanya rugi – rugi daya akibat adanya arus yang mengalir di penghantar netral penulis melakukan perencanaan pemerataan beban kembali agar kondisi sistem kelistrikan pada Gardu Distribusi SM 0115 menjadi lebih baik. Pemerataan beban dilakukan dengan cara memindahkan beban di Jaringan Tegangan Rendah dari phasa yang memiliki beban yang tinggi untuk dipindahkan ke phasa yang memiliki beban yang lebih rendah. Serta penulis meneliti lebih lanjut mengenai rugi - rugi daya yang disebabkan oleh ketidakseimbangan beban pada transformator SM 0115 di Penyulang Surabrata. Berdasarkan latar belakang diatas dalam penelitian ini akan mengkaji tentang **“UPAYA PEMERATAAN BEBAN AKIBAT KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRANSFORMATOR PADA GARDU DISTRIBUSI SM 0115 GUNA MENEKAN RUGI-RUGI DAYA”**. Dengan harapan setelah dilakukannya pemerataan beban, persentase ketidakseimbangan beban transformator mengalami penurunan, serta dapat mengantisipasi dan meminimalisir rugi – rugi daya yang terjadi sehingga penyaluran daya terhadap pelanggan lebih maksimal.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, adapun rumusan masalah yang dijadikan acuan dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa besar persentase pembebanan transformator dan ketidakseimbangan beban serta rugi – rugi daya pada tahun 2020 (sebelum dilakukan pemerataan beban oleh PLN) Gardu Distribusi SM 0115 ?
2. Berapa besar persentase pembebanan transformator dan ketidakseimbangan beban serta rugi – rugi daya pada tahun 2022 (setelah dilakukan pemerataan beban oleh PLN) Gardu Distribusi SM 0115 ?
3. Bagaimana perencanaan metode pemerataan beban kembali akibat ketidakseimbangan beban yang terjadi di Gardu Distribusi SM 0115 setelah dilakukan pemerataan beban oleh PLN ?
4. Berapa besar persentase pembebanan transformator dan ketidakseimbangan beban serta rugi – rugi daya (setelah dilakukan perencanaan pemerataan beban) Gardu Distribusi SM 0115 ?

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas untuk menghindari dari luasnya pembahasan di luar permasalahan, maka ruang lingkup atau batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Hanya mencakup perhitungan persentase pembebanan transformator, perhitungan persentase ketidakseimbangan beban pada transformator serta menghitung rugi – rugi daya akibat adanya arus pada penghantar netral akibat adanya ketidakseimbangan beban.
2. Tidak membahas perhitungan pergerakan phasor akibat ketidakseimbangan beban.
3. Tidak menghitung rugi – rugi tegangan akibat adanya ketidakseimbangan beban yang terjadi.
4. Penelitian dilakukan pada saat Waktu Beban Puncak (WBP).
5. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan factor daya ($\cos \phi$) sebesar 0,85 sesuai dengan standar regulasi PLN.
6. Tidak menggunakan panjang penghantar untuk menghitung arus netral setelah pemerataan beban.

1.4. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan diatas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

1. Mengetahui besar persentase pembebanan transformator dan ketidakseimbangan beban serta rugi – rugi daya pada tahun 2020 (sebelum dilakukan pemerataan beban oleh PLN) Gardu Distribusi SM 0115
2. Mengetahui besar persentase pembebanan transformator dan ketidakseimbangan beban serta rugi – rugi daya pada tahun 2022 (setelah dilakukan pemerataan beban oleh PLN) Gardu Distribusi SM 0115
3. Mengetahui perencanaan metode pemerataan beban kembali akibat ketidakseimbangan beban yang terjadi di Gardu Distribusi SM 0115 setelah dilakukan pemerataan beban oleh PLN
4. Mengetahui besar persentase pembebanan transformator dan ketidakseimbangan beban serta rugi – rugi daya (setelah dilakukan perencanaan pemerataan beban) Gardu Distribusi SM 0115

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Dapat mengetahui cara meminimalisir ketidakseimbangan beban transformator pada Gardu Distribusi SM 0115 dengan cara melakukan pemerataan beban.
2. Dengan mengetahui cara meminimalisir ketidakseimbangan beban serta mengetahui penurunan kerugian yang ditimbulkan pada transformator distribusi SM 0115 dapat membantu pihak PT. PLN (Persero) Distribusi Bali, khususnya pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Tabanan untuk memperhatikan besar ketidakseimbangan beban pada gardu distribusi sehingga dapat memberikan pelayanan yang maksimal terhadap pelanggan.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan tugas akhir ini, sistematika penulisan diklarifikasikan ke dalam 5 (lima) Bab yaitu:

BAB I: PENDAHULUAN

Pada BAB ini menguraikan tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat dan Sistematika Penulisan Tugas Akhir.

BAB II: LANDASAN TEORI

Pada BAB ini menguraikan tentang teori – teori dasar yang menunjang dalam pembahasan dan analisa.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Pada BAB ini menguraikan tentang metode yang digunakan untuk pengambilan data, pengolahan data, analisa data, dan hasil yang diharapkan dalam Tugas Akhir ini.

BAB IV: PEMBAHASAN DAN ANALISA

Pada BAB ini menguraikan tentang pembahasan dalam menyelesaikan tugas akhir dan menganalisa yang diperoleh dari pembahasan tugas akhir ini.

BAB V: PENUTUP

Pada BAB ini berisikan kesimpulan dari keseluruhan pembahasan sebelumnya, serta saran – saran dari permasalahan yang dikembangkan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada tahun 2020 yaitu sebelum dilakukan pemerataan beban oleh PLN Transformator pada gardu distribusi SM 0115 memiliki kondisi pembebanan transformator sebesar 83%. Sedangkan persentase ketidakseimbangan bebannya pada tahun 2020 di Saluran induk, jurusan A dan jurusan D sebesar 21%, 18% dan 20%. Dan dilihat dari rugi – rugi daya akibat adanya arus yang mengalir pada penghantar netral yaitu sebesar 14.20 Watt dengan persentase 0.016% pada saluran induk, sebesar 597.44 Watt dengan persentase 0.70% pada jurusan A dan 988.47 Watt dengan persentase 1.16% pada jurusan D.
2. Pada tahun 2022 yaitu setelah dilakukan pemerataan beban oleh PLN Transformator pada gardu distribusi SM 0115 memiliki kondisi pembebanan transformator sebesar 79%. Sedangkan persentase ketidakseimbangan bebannya pada tahun 2022 di Saluran induk, jurusan A dan jurusan D sebesar 12%, 12% dan 11%. Dan dilihat dari rugi – rugi daya akibat adanya arus yang mengalir pada penghantar netral yaitu sebesar 6.10 Watt dengan persentase 0.0071% pada saluran induk, sebesar 421.41 Watt dengan persentase 0.50% pada jurusan A dan 755.15 Watt dengan persentase 0.89% pada jurusan D.
3. Perencanaan pemerataan beban dilakukan dengan cara memindahkan beban sesuai arus beban rata – rata pemakaian pelanggan yang telah diukur. Berdasarkan perhitungan dilakukan pemindahan beban pada Jurusan A dari fasa R ke fasa S sebanyak 2 pelanggan dengan daya 900 VA dan 1 pelanggan dengan daya 450 VA dengan total beban yang dipindah dari fasa R ke fasa S adalah sebesar 3.64 A. Sedangkan dari fasa T ke fasa S dipindah 1 pelanggan dengan daya 900 VA dan 1 pelanggan dengan daya 450 VA dengan total beban yang dipindah dari fasa T ke fasa S adalah sebesar 2.58 A. Sedangkan pada jurusan D dilakukan pemindahan beban dari fasa R ke fasa S sebanyak 2 pelanggan dengan daya 900 VA, 1 pelanggan dengan daya 450 VA dan 1 pelanggan dengan daya 1300 VA dengan total beban yang dipindah dari fasa R ke fasa S sebesar 8.27 A. Sedangkan dari fasa T ke fasa S dipindah sebanyak 2 pelanggan dengan daya 900 VA dan 1 pelanggan

dengan daya 450 VA dengan total beban yang dipindah dari fasa T ke fasa S adalah sebesar 5.22 A.

4. Setelah dilakukannya pemerataan beban kembali Transformator pada gardu distribusi SM 0115 memiliki kondisi pembebanan transformator sebesar 77%. Sedangkan persentase ketidakseimbangan bebannya pada Saluran induk, jurusan A dan jurusan D sebesar 0.30%, 1.60% dan 0.30%. Dan dilihat dari rugi – rugi daya akibat adanya arus yang mengalir pada penghantar netral yaitu sebesar 0.18 Watt dengan persentase 0.0002% pada saluran induk, sebesar 2.29 Watt dengan persentase 0.002% pada jurusan A dan 25.16 Watt dengan persentase 0.03% pada jurusan D.

5.2. Saran

1. Mengacu pada hasil perhitungan ketidakseimbangan beban yang masih terjadi pada tahun 2022 masih diluar dari standar yang berlaku, sebaiknya PT. PLN (Persero) ULP Tabanan melakukan pemerataan beban seperti yang sudah penulis lakukan dalam perencanaan perhitungan pemerataan beban sehingga didapat persentase ketidakseimbangan beban yang baik atau sesuai standar.
2. Untuk meminimalisir ketidakseimbangan beban yang terjadi pada gardu distribusi lainnya sebaiknya jika ada penambahan pelanggan pada gardu distribusi pemilihan fasa pelanggan lebih diperhitungkan agar terjadi pembagian beban yang seimbang atau salah satu fasa tidak mengalami kelebihan beban atau fasa lainnya memiliki beban yang rendah.
3. Melihat dari hasil perhitungan pembebanan transformator distribusi SM 0115 yang mendekati 80% atau bahkan sewaktu – waktu bisa melebihi standar sebaiknya dilakukan inspeksi secara rutin.
4. Sebaiknya survey pengukuran yandu atau pelayanan gardu dilakukan secara rutin dan berkala agar dapat mengetahui kondisi lapangan yang terbaru dan untuk meminimalisir terjadinya gangguan atau keandalan sistem yang kurang yang berdampak pada tingkat pelayanan dan kontinuitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul Kadir. *Transformator*. Jakarta: Universitas Indonesia, 1997
- [2] Aribowo, Cahyo. *Trafo Distribusi Pada Jaringan Tegangan Menengah 20kV PT PLN (Persero) UPJ Semarang Selatan*. Universitas Diponegoro, 2009.
- [3] Artema. (2020, Mei 17). *Saluran Distribusi Listrik*. Diambil kembali dari artema: <https://artema.co.id/saluran-distribusi-listrik/>
- [4] Hardwijanto, Fadjar Kurniadi, Muchamad Nuh dan Stozn Romeo. (2010). *Buku 1 Kriteria Desain Enjinering Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
- [5] Hardwijanto, Fadjar Kurniadi, Muchamad Nuh dan Stozn Romeo. (2010). *Buku 4 Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*, Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
- [6] Hardani, Nur Hikmatul Auliya, dkk. *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Group Yogyakarta, 2020.
- [7] Hasbulah. (2014). *Analisa Pengaruh Beban Tidak Seimbang terhadap Rugi Daya Listrik pada Jaringan Distribusi Sekunder*. [Online]. <http://eprints.polsri.ac.id/427/>. Diakses tanggal 24 Februari 2022.
- [8] Hidayat, Syarif, Supridi Legino, dkk. *Penyeimbangan Beban Pada Jaringan Tegangan Rendah Gardu Distribusi CD 33 Penyulang Sawah di PT PLN (Persero) Area Bintaro*. Jurnal Sutet Vol. 8 No. 1, pp 21-27, Jan. 2018.
- [9] Kadaffi, Muhamar. *Perencanaan Sistem Tenaga*. Jakarta: Universitas Mercu Buana, 2014.
- [10] Markoni, *Teori Dasar Teknik Tenaga Listrik Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2017
- [11] Muflizar , A. R., Rudito, H., & Idris , A. R. (2021). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Rugi-Rugi Daya dan Arus Netral di Baloiya Kepulauan Selayar serta Dampaknya Terhadap Pelanggan Distribusi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2021*, 25.
- [12] Mulyadi, A. D. *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Rugi Daya Saluran Netral Jaringan Distribusi Tegangan Rendah*. Jurnal Teknik Energi. 2011.
- [13] Nisa. (2020, November 20). *Transformator: Pengertian, Komponen, Daya, Jenis dan Contoh Soal*. Diambil kembali dari tambahpinter: <https://tambahpinter.com/transformator/>

- [14] PT PLN (Persero). *SPLN D3.010-1: 2014. Spesifikasi Kabel Tegangan Rendah Bagian 1: Kabel Pilin Udara*. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero). 2014.
- [15] PT PLN (Persero). *Edaran Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 Tentang Metode Pemeliharaan Trafo Distribusi Berbasis Kaidah Manajemen Aset*. Jakarta Selatan: PT PLN (Persero). 2014.
- [16] Prastiwi, Winiarti, Yessi Frecillia. *Metode Studi Pustaka*. (widuri.raharja.info), [online] 2020, https://widuri.raharja.info/index.php?title=Metode_Studi_Pustaka (Accessed: 13 Agustus 2021).
- [17] Pranata, Kurriawan Budi, M.Si,dkk, *Elektronika Dasar 1*. Universitas Kanjuruhan Malang, 2018.
- [18] Purnomo, H. *Rangkaian Elektrik*. Malang: Universitas Brawijaya, 2017
- [19] Rinanda, Niroyana. *Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Rugi-rugi (losses) pada Transformator Distribusi PT PLN Cabang Medan*. Skripsi Medan: Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [20] Sarimun, Wahyudi. (2011). *Buku Saku Pelayanan Teknik Edisi Ketiga*. Depok: Garamond.
- [21] Suhinar El. *Memahami Konsep Segitiga Daya*. (Listrikpraktis.com, [online] 2015, <https://www.listrik-praktis.com/2015/09/memahami-dengan-mudah-konsep-segitiga-daya.html> (Accessed: 22 Maret 2021)
- [22] Sulasno. (2009). *Teknik Konversi Energi Listrik dan Sistem Pengaturan*, Yogyakarta: Graha Ilmu
- [23] Sulasno. (1991). *Teknik Tenaga Listrik*. Bandung: ITB
- [24] Sulasno. *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro, 2001.
- [25] Sulasno. *Instalasi Tenaga Listrik*. Semarang: Satya Wacana, 1993.
- [26] Sitanggang, Mancon. (2009). *Studi Perkiraan Umur Transformator Distribusi Dengan Metode Tingkat Tahunan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [27] Sakti Prasetya. PT PLN (Persero). *Laporan Telaah Staff Evaluasi Pemerataan Beban Untuk Menekan Losses Jaringan Tegangan Rendah di Gardu E311P dan PM13*. Jakarta Raya dan Tangerang: 2018.
- [28] Syafdnidawaty. *Perbedaan Data Primer dan Data Sekunder*. (raharja.ac.id), [online] 2020, <https://raharja.co.id/2020/11/09perbedaan-data-primer-dan-data-sekunder/> (Accessed: 28 Agustus 2021).

- [29] Syaputra, Nanda. (2021). *Penanggulangan Overload Transformator Dengan Metode Pecah Beban dan Pemerataan Beban Di PLN (Persero) ULP Muara Enim, Sumatera Selatan*. Jakarta: Pustakawan STT PLN.
- [30] Vachtiar, Antonov, Bayu Dirgantara. *Optimalisasi Penyeimbangan Beban Transformator Dengan Metode Seimbang Beban Seharian (SBS) Pada Gardu Depan Kantor Rayon PT PLN (Persero) Rayon Kayu Aro*. Jurnal Teknik Elektro Itp, Vol. 6, No. 1, Jan. 2017.
- [31] Windaru, Adiakti Wiras. (2011). *Audit Energi Pada Pendistribusian Listrik di PT PLN Distribusi APJ X Dengan Metode Manajemen Trafo*. Surabaya: ITSpress.
- [32] Zuhail. *Dasar Tenaga Listrik*. Jakarta: ITB Bandung, 1975.