

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS
NETRAL DAN RUGI-RUGI DAYA PADA TRAFO DISTRIBUSI GARDU
GLS 084, 50 kVA DI DESA POLOHUNGO**

Oleh:

**MOH. RIFALDI M. LAINDJONG
T2116033**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO

2021

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS
NETRAL DAN RUGI-RUGI DAYA PADA TRAFO DISTRIBUSI GARDU
GLS 084, 50 kVA DI DESA POLOHUNGO**

Oleh :

Moh Rifaldi M. Laindjong

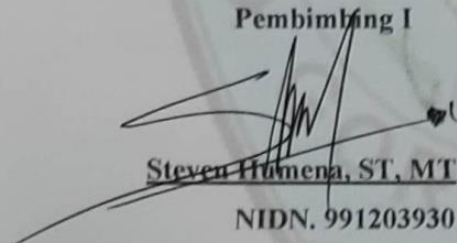
T2116033

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Program
Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik, Skripsi ini telah disetujui oleh tim
pembimbing pada tanggal seperti yang tertera dibawah ini'

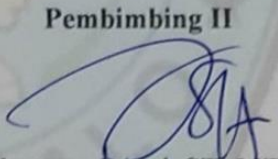
Gorontalo, 06 November 2021

Pembimbing I


Steven Humena, ST, MT

NIDN. 9912039301

Pembimbing II


Mohammad Asri, ST, MT

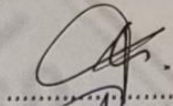
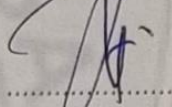
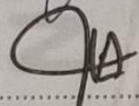
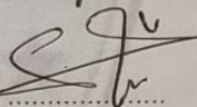
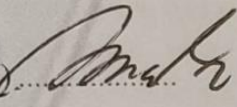
NIDN. 0913047703

HALAMAN PERSETUJUAN
MONITORING TEGANGAN PANEL SURYA DI GEDUNG UNIVERSITAS
ICHSAN GORONTALO BERBASIS NODEMCU
OLEH

AGUNG RIZKY VERNANDA ABUDULLAH


T21 17 013

Gorontalo, 5 Desember 2021
Diperiksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)

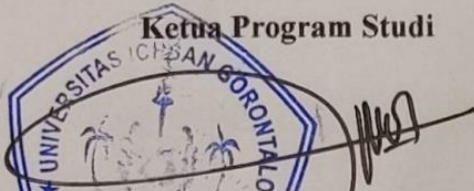
- | | | |
|---|-----------------|---|
| 1. Amelya Indah Pratiwi, ST.,MT | (Penguji I) |  |
| 2. Muh. Asri, ST.,MT | (Penguji II) |  |
| 3. Frengki Eka Putra Surusa, ST.,MT | (Penguji III) |  |
| 4. Ir. Stephan A.Hulukati, ST., MT.,M.Kom | (Pembimbing I) |  |
| 5. Muammar Zainuddin, ST.,MT | (Pembimbing II) |  |

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik


Amru Siola, ST., MT
NIDN. 0922027502

Ketua Program Studi


Frengki Eka Putra Surusa, ST.,MT
NIDN. 0906018504

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Moh. Rifaldi M. Laindjong

NIM : T2116033

Kelas : Reguler

Program studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa

1. Karya tulis saya (skripsi) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun di Perguruan Tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan dari pihak lain kecuali arahan dari tim pembimbing .
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma yang berlaku di Universitas Ichsan Gorontalo.

Gorontalo, 06 November 2021



MOH. RIFALDI M. LAINDJONG

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabil'aalamin

Puji dan syukur atas kehadiran **Allah SWT** atas Berkah, Rahmat, dan Hidayah-nya, sehinggah penulisan dapat merampungkan dengan baik. Penulisan ini menjadikan salahsatu syarat wajib meraih gelar Strata-1 pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.

PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN RUGI-RUGI DAYA PADA TRAFO DISTRIBUSI GARDU GLS 084, 50 kVA DI DESA POLOHUNGO

Dalam proses menyusun seminar judul ini, punulis telah berusaha seoptimal dan semaksimal mungkin, namun masi banyak terdapat kekurangan yang tidak disengaja dalam penulisan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif dari semua pihak terutama kepada pembaca yang budiman, guna memperbaiki dan penyempurnaan penulisan ini dan sekaligus menjadi karya ilmiah yang komperhensip sehingga menjadi acuan literatur penullisan karya ilmiah pada masa yang akan datang.

Memalui kesempatan ini, penulis dengan segala kerendahan hati , penulis mengucapkan terimah kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dorongan sumbangan pikiran dalam proses penulisan, yaitu kepada :

1. Ibu **DR. Hj, Juriko Abdussamad, M.Si** selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Universitas Ichsan Gorontalo.
2. Bapak **DR. Abdul Gaffar La Tjokke, M.Si.** selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Bapak **Amru Siola, ST., MT.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.

4. Bapak **Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT.** selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.
5. Bapak **Steven Humena, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing I atas membimbing, masukan, arahan, dan wawasanbaru.
6. Ibu **Mohammad Asri, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing II atas kebaikannya memberi arahan, masukan, nasehat, dan sabar dalam menghadapi keluh-kesah penulis.
7. Seluruh Dosen dan Staf Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo yang telah memberikan pengetahuan dan arahan selama perkuliahan.
8. Keluarga besar, Ayah, Ibu, Kakak, Saudara yang telah memberikan banyak dukungan baik dari segi moril maupun materiil.
9. Rekan-rekan saya khususnya di Teknik Angkatan 2016 dan Semua pihak yang telah banyak memberikan masukan ,motivasi dan semangat yang sangat berarti.
10. Semua sahabat penulis yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata, mohon maaf apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisan ini, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan ini. Semoga penulisan ini dapat memberikan manfaat sesuai dengan tujuannya.

Terimakasih, semua kebenaran datang hanya dari Allah SWT, dan kesalahan adalah murni kekhilafan penulis. Semoga penulisan ini berguna bagi siapa saja yang membaca.

Wassalamu'alaikum, Wr. Wb

Gorontalo, November2021

Penulis

ABSTRACT

MOH. RIFALDI M. LAINDJONG. T2116033 UNBALANCE ON NEUTRAL CURRENTS AND POWER LOSS ON DISTRIBUTION TRANSFORMERS GLS 084, 50 kVA SUBSTANTION IN POLOHUNGO VILLAGE

*In meeting the demand for electrical energy, when the load is turned on, the load distribution is not synchronized, resulting in an imbalance in the load that affects the power supply. For this reason, the author wants to conduct a study to analyze the load imbalance due to losses that occur at the GLS 84 distribution substation in Polohungo village. The measured data from the distribution operation field is used as a reference for finding and determining substations with unbalanced loads. In general, unbalanced loads can be easily induced by looking at the results of neutral current measurements. If a neutral current greater than or equal to the phase current is obtained, an unbalanced load on the network should be suspected. Unbalanced load induction can also be seen from the magnitude of the current for each phase (R, S and T) which has a large difference. *From the percentage results, it can be seen that at night the load imbalance on the transformer is greater (19%), than during the day, namely (5%). This is caused by the uneven use of electricity, causing an unbalanced load. Load imbalance causes current to flow in the neutral conductor. This current is a loss that must be borne by PT. PLN because along the neutral conductor there is resistance. There is a need for quarterly, trimester or yearly transformer maintenance to prevent load imbalances, and to prevent damage to the transformer*

Keyword : Load Unbalance, Neutral Current, Power Loss

ABSTRAK

MOH. RIFALDI M. LAINDJONG. T2116033 PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN RUGI-RUGI DAYA PADA TRAFODISTRIBUSI GARDU GLS 084, 50 kVA DI DESA POLOHUNGO

Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, pada saat beban dihidupkan maka distribusi beban tidak sinkron sehingga terjadi ketidakseimbangan beban yang mempengaruhi suplai daya. Untuk itu penulis ingin melakukan penelitian untuk menganalisis ketidakseimbangan beban tersebut. akibat kerugian yang terjadi pada gardu distribusi GLS 84 di desa Polohungo. Data terukur dari lapangan operasi distribusi digunakan sebagai acuan untuk menemukan dan menentukan gardu distribusi dengan beban tidak seimbang. Secara umum, beban tidak seimbang dapat dengan mudah diinduksi dengan melihat hasil pengukuran arus netral. Jika arus netral lebih besar atau sama dengan arus fasa diperoleh, beban yang tidak seimbang pada jaringan harus dicurigai. Induksi beban tidak seimbang juga dapat dilihat dari besarnya arus untuk masing-masing fasa (R, S dan T) yang memiliki selisih yang besar. Dari hasil prosentase terlihat bahwa pada malam hari ketidakseimbangan beban pada trafo lebih besar (19%), dibandingkan pada siang hari yaitu (5%). Hal ini disebabkan oleh penggunaan listrik yang tidak merata sehingga menimbulkan beban yang tidak seimbang. Ketidakseimbangan beban menyebabkan arus mengalir pada penghantar netral. Arus ini merupakan kerugian yang harus ditanggung oleh PT. PLN karena di sepanjang penghantar netral terdapat hambatan. Ada kebutuhan untuk perawatan transformator triwulanan, trimester atau tahunan untuk mencegah ketidakseimbangan beban, dan untuk mencegah kerusakan pada transformator

Kata Kunci : Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral, Rugi-Rugi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
<i>ABSTRACT</i>	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I	2
PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4

1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Ketidakseimbangan Beban	7
2.2.1 Dampak Ketidakseimbangan Beban.....	9
2.3 Gardu Distribusi	9
2.3.1 Pengertian Gardu Distribusi	9
2.3.2 Bagian-Bagian Dari Gardu Distribusi	10
1. Bagian-Bagian Unit Peralatan Sisi Primer Dari GTT Terdiri Dari Komponen .	11
a) Saluran Sambungan Dari SUTM Ke Unit Trafo.....	11
b) Cut Out.....	11
c) Lightning Arrester (LA).....	12
2. Bagian Dari Komponen Utama GTT Adalah Sebagai Berikut :	12
A. Transformator.....	12
B. Fuse Cut Out (CO)	12
C. Arrester.....	12

D.	NH Fuse	13
E.	Grounding Arrester	13
F.	Grounding Trafo	13
G.	Isolasi	13
2.3.3	Jenis-Jenis Gardu Distribusi	13
2.4	Transformator	17
2.4.1	Pengertian Transformator	17
2.4.2	Bagian-Bagian Transformator	18
2.5	Pemeliharaan Gardu Distribusi	22
2.5.1	Tujuan Pemeliharaan	23
2.5.2	Pelaksanaan Pemeliharaan Pada Gardu Distribusi	24
2.5.3	Jenis Pemeliharaan Pada Gardu Distribusi	25
2.6	Pengukuran Paramater-Parameter Pada Gardu Distribusi.....	32
2.6.1	Rumus Transformator	32
2.6.2	Efisiensi Transformator	33
2.6.3	Pengukuran Tahanan Transformator	34
2.6.4	Perhitungan Arus Beban Penuh Pada Transformator	37
2.6.5	Penyaluran Dan Susut Daya	38

2.6.6 Standar Tegangan	39
2.6.7 Segitiga Daya.....	39
2.6.8 Sistem Pembumiann (<i>Grounding System</i>).....	41
2.6.9 Pngukuran Arus	44
BAB III	46
METODELOGI PENELITIAN	46
3.1 Kerangka Konsep Penelitian	46
3.2 Objek Penelitian	46
3.3 Tempat Penelitian.....	46
3.4 Metode Pengambilan Data	46
3.4.1 Studi Literatur.....	46
3.4.2 Observasi	47
3.4.3 Wawancara	47
3.5 Data Yang Diperlukan.....	47
3.6 Tahapan Alur Penelitian	47
3.7 Flow Chart Alur Penelitian.....	49
BAB IV	50
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50

4.1 Transformator Distribusi	50
4.2 Data Teknis Trafo.....	50
4.3 Data Pengukuran	52
4.4 Analisa Hasil Penelitian	54
4.4.1 Pembebanan Pada Trafo Distribusi GLS 084	54
4.4.2 Presentase Pembebanan Trafo	55
4.5 Analisa ketidakseimbangan Beban pada Trafo	57
4.6 Losses Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral Trafo.....	61
4.7 Losses Akibat Adanya Arus Netral yang Mengalir ke Tanah	62
BAB V	65
PENUTUP.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Vektor Diagram Arus	8
Gambar 2. 2 GTT Gardu Tiang Trafo	9
Gambar 2. 3 Komponen-Komponen Gardu Trafo Tiang (GTT)	10
Gambar 2. 4 Gardu Cantol	14
Gambar 2. 5 Gardu Beton	15
Gambar 2. 6 Gardu Kios/ Gardu Metal Clad	16
Gambar 2. 7 Gardu Hubung	17
Gambar 2. 8 Diagram Satu Garis Transformator	18
Gambar 2. 9 Bagian-Bagian Transformator	18
Gambar 2. 10 PHB-TR sebelum dan sesudah dinaikkan	25
Gambar 2. 11 Kondisi kabel skun sebelum dan sesudah diganti	28
Gambar 2. 12 Penggantian fuse base	30
Gambar 2. 13 Perbaikan grounding bertegangan	31
Gambar 2. 14 Rangkaian percobaan tahanan kumparan sebelum dihubungkan	36
Gambar 4. 1 Trafo Distribusi GLS 084	51
Gambar 4. 2 Single Line Trafo Distribusi 50 kVA	51
Gambar 4. 3 Skema Aliran Arus di Sisi Sekunder Trafo pada Siang Hari	53
Gambar 4. 4 Skema Aliran Arus di Sisi Sekunder Trafo pada Malam Hari	53
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Arus pada Siang dan Malam Hari	56
Gambar 4. 6 Grafik Presentase Arus pada Siang Hari	58

Gambar 4. 7 Grafik Presentase Arus pada Malam Hari.....	59
Gambar 4. 8 Grafik Presentase Ketidakseimbangan Beban.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 pengukuran saat rangkaian belum dihubungkan	37
Tabel 2. 2 Tahanan jenis tanah.....	43
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran siang hari.....	52
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran malam hari	52
Tabel 4. 3 <i>Losses</i> Transformator	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai satu-satunya Perusahaan Listrik Negara (PLN), tugas utamanya adalah memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia. Ada dua hal yang penting yang harus dipenuhi PLN untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, yaitu kontinuitas dan kualitas. Tujuan kontinuitas adalah agar energi listrik yang disalurkan ke konsumen harus dijaga terus menerus dengan sedikit pemadaman listrik yang terjadi akibat gangguan, karena listrik sangat penting dan menjadi kebutuhan mendasar bagi masyarakat untuk beraktivitas. Sehingga pada saat terjadi gangguan, PLN harus bekerja dengan cepat untuk memperbaiki gangguan tersebut agar tidak mengganggu kegiatan masyarakat. Yang kedua adalah kualitas, yang dimaksud dengan kualitas adalah kualitas tegangan yang diterima oleh konsumen harus sesuai dengan standar yang ditentukan.[1]

Dengan kemajuan teknologi yang sesuai dengan energi listrik, suatu sistem power supply merupakan gambaran yang jelas mengenai kebutuhan energi listrik, yang diperoleh melalui konsumen, juga akan kebutuhan energi listrik. Sistem dalam jaringan distribusi memiliki peran yang sangat besar dalam mengontrol kebutuhan listrik untuk setiap konsumen.[2]

Salah satu syarat kehandalan sistem distribusi tenaga listrik yang harus dipenuhi untuk pelayanan kendali konsumNen adalah kualitas tegangan yang baik dan stabil karena walaupun kontinuitas catu daya dapat diandalkan, tidak serta merta harus menjaga tegangan yang konstan pada sistem distribusi karena tegangan turun akan terjadi di semua bagian. Sistem akan terjadi perubahan kinerja dengan perubahan beban.[3]

Ketidakseimbangan beban pada setiap fasa (R, S, dan T), menyebabkan aliran arus pada kabel netral, rugi-rugi (*Losses*), dan penurunan efisiensi trafo distribusi yang dapat merugikan konsumen[4]

Sesuai dengan standar ketidakseimbangan beban yang diatur dalam IEEE Std 446 - 1980, yaitu 5% - 20%. Kemudian rugi-rugi (*Losses*) daya akibat arus netral pada SPLN D3.002-1 2007 sebesar $\pm 10\%$. Analisis rugi-rugi daya akibat ketidakseimbangan beban pada trafo yang perlu dilakukan untuk melihat seberapa besar kerugian yang terjadi dan harapan agar ketidakseimbangan beban dapat diantisipasi agar bisa diminimalis Untuk itu penulis ingin melakukan penelitian untuk menganalisis ketidakseimbangan beban akibat rugi-rugi (*losses*) yang terjadi pada Gardu Distribusi GLS 84 di desa Polohungo. Dari permasalahan tersebut penulis mengangkat judul **“ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN RUGI-RUGI DAYA PADA TRAFODISTRIBUSI GARDU GLS 084, 50 kVA DI DESA POLOHUNGO”**

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana cara menghitung rugi-rugi daya (*losses*) pada Transformator 50 kVA?
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh ketidakseimbangan beban fasa pada R, S, dan T terhadap arus netral pada transformator

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mengatasi jika ada kerugian yang terjadi pada trafo distribusi akibat ketidakseimbangan beban yang menyebabkan arus pada trafo netral mengalir.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Mengukur nilai arus listrik yang mengalir ke konduktor netral transformator pada fasa R, S dan T dan hitung rugi daya akibat arus listrik yang mengalir ke konduktor netral.
2. Analisis pengaruh ketidakseimbangan beban dilakukan dengan beberapa asumsi antara lain penggunaan arus oleh pelanggan, pembagian arus netral secara proposional dan pengukuran arus pada Gardu GLS 084

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah beberapa penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai acuan dalam penulisan sebagai berikut :

- Sandi Firdaus, Didik Notosudjono, Hasto Soebagia. **“Studi Keandalan Sistem Distribusi Pada Penyulang Di Kecamatan Cisarua Kabupaten Bogor”**

Metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a) Studi pustaka: dimana rumusan masalah diperoleh sebagai dasar analisis
 - b) Suveri lapangan: mengumpulkan data teknis lapangan serta melakukan diskusi dan wawancara dengan perwakilan petugas lapangan
 - c) Setelah data terkumpul kemudian dianalisa dan dievaluasi keandalan sistem distribusi daya listrik pada penyulang Sunkist di PT PLN (Persero) Rayon Cipayung[3]
- Ir. Johanes ohoiwutun MT. **“Analisis Rugi Daya Transformator 100 kVA Gardu Rufei Pantai Di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Dan Papua Barat Area Sorong”**

Metode yang digunakan adalah data pembahasan, yang dikumpulkan dalam bentuk data kuantitatif yang diperoleh dari lapangan dengan menggunakan alat ukur trafo Rufeil Pantai 100 kVA kemudian dibandingkan / dihitung secara teoritis dan praktis.[6]

- Hamles Leonardo Latupeirissa. **“Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi Gardu KP-01 Desa Hative Keci”**

Metode yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a) Jenis penelitian: Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survey (survey research) yang tidak melakukan perubahan apapun atau tidak secara spesifik membahas variabel yang diteliti
- b) Jenis data penelitian: Jenis data yang diperlukan untuk melakukan analisis komputasi adalah sebagai berikut.

- a) Data gardu dan trafo distribusi

- b) Data faktor daya arus, tegangan, daya dan beban transformator distribusi[4]

- Agusthinus S. Sampeallo, Wellem F. Galla, Romulus Mamung Sare. **“Analisis Rugi Daya Instalasi Jaringan Tegangan Rendah Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan Undana”**

Metode yang digunakan adalah data pengukuran berupa nilai arus dan tegangan yang diperoleh dari pengukuran yang dilakukan penulis selama penelitian. Pengukuran dilakukan beberapa kali dengan selang waktu dua jam.

Data pengukuran besaran arus dan tegangan diperoleh dari pengukuran pada beberapa titik pengukuran. Di lahan I, pengukuran dilakukan di Rumah Pembangkit, di Dinas Pertanian (G1), di Lab Sigeospasial (G2), di Gedung Sekolah Lapangan (G3) dan di Gedung Pasca Panen (G4). Di lahan II, pengukuran dilakukan di Pembibitan Perikanan, di Dinas Pertanian dan Perikanan (G.A.) dan di klinik hewan (G.B.) menggunakan LVTC dengan ukuran 10 mm². Pengukuran dilakukan selama 5 (lima) hari.[7]

- **Wilhelmus Hendy Pariera. “Analisis Beban Tidak Seimbang Terhadap Kualitas Daya Pada Jaringan Distribusi Radial Di Area Atambua Kabupaten Beli”**

Metode yang digunakan adalah dengan menjalankan aliran beban tiga fasa tidak seimbang dengan menggunakan program ETAP Power Station sehingga menunjukkan tegangan bus, sudut fasa, daya masing-masing bus (real dan reaktif), aliran daya, aliran yang melalui cabang dan rugi - rugi saluran. dan penurunan tegangan. Proses pengumpulan data dilakukan di PT. PLN Persero Rayon Atambua.[8]

2.2 Ketidakseimbangan Beban

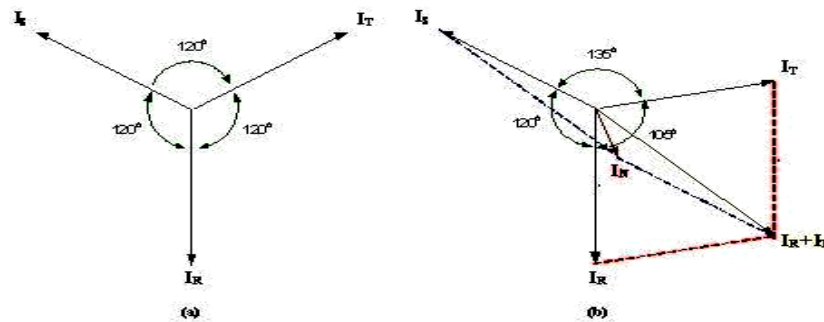
Ketidakseimbangan beban adalah suatu kondisi dimana satu atau dua kondisi beban seimbang tidak terpenuhi. Ada tiga kemungkinan keadaan beban tidak seimbang, yaitu:

1. Ketiga fasa tersebut memiliki vektor yang sama, tetapi tidak membentuk sudut 120⁰ satu sama lain

2. Ketiga fasa memiliki vektor yang ukurannya tidak sama, tetapi membentuk sudut 120^0 satu sama lain
3. Ketiga fasa memiliki vektor yang tidak sama dan tidak membentuk sudut 120^0 satu sama lain

Sedangkan keadaan beban yang seimbang yaitu :

1. Ketiga fasa memiliki vektor arus / tegangan yang sama
2. Ketiga fasa memiliki vektor yang membentuk sudut 120^0 di antaranya



Gambar 2.1 Vektor Diagram Arus

Gambar.2 (a) menunjukkan vektor diagram saat ini dalam keadaan seimbang. Terlihat disini bahwa penjumlahan dari ketiga vektor arus (I_R , I_S , I_T) sama dengan nol, sehingga tidak terjadi arus netral (I_N). Sedangkan vektor flowchart tidak seimbang ditunjukkan pada Gambar 2 (b). Terlihat disini bahwa penjumlahan dari ketiga vektor arus (I_R , I_S , I_T) tidak sama dengan nol, sehingga muncul satu variabel

yaitu arus netral (IN) yang besarnya bergantung pada seberapa besar faktor ketidakseimbangan tersebut.

2.2.1 Dampak Ketidakseimbangan Beban

Ketidakseimbangan beban pasti terjadi di jaringan distribusi daya. Terutama di sisi jaringan tegangan rendah. Semakin tinggi ketidakseimbangan, semakin tinggi arus yang dibuat dalam konduktor netral. Arus yang mengalir pada konduktor netral adalah kegagalan daya dalam jaringan. Oleh karena itu, pendistribusian tenaga listrik dan ketidakseimbangan beban harus diminimalkan agar efisiensi distribusi dapat optimal.[8]

2.3 Gardu Distribusi

2.3.1 Pengertian Gardu Distribusi

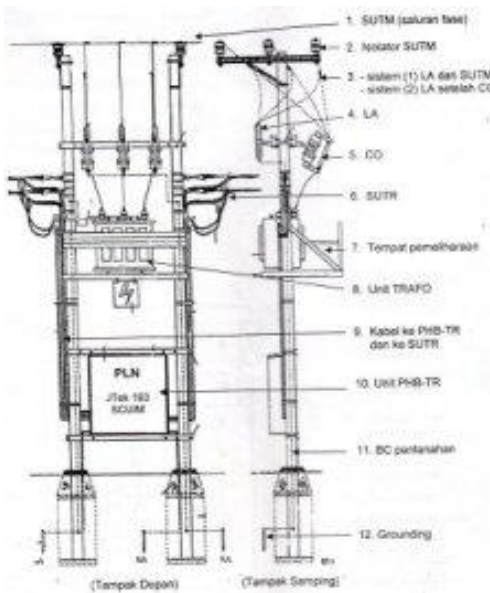
Gardu distribusi merupakan gardu yang menyediakan kebutuhan daya listrik baik bagi pengguna tegangan menengah (TM) maupun tegangan rendah (TR).



Gambar 2.2GTT Gardu Tiang Trafo

Jaringa distribusi adalah kumpulan atau kombinasi perangkat koneksi untuk tegangan menengah dan rendah. Jenis switchgear tegangan menengah di gardu distribusi berbeda-beda bergantung pada struktur gardunya

2.3.2 Bagian-Bagian Dari Gardu Distribusi



Gambar 2.3 Komponen-Komponen Gardu Trafo Tiang (GTT)

Dari komponen GTT diatas, terbagi menjadi 2 bagian yaitu yang pertama adalah bagian unit peralatan sisi primer dan yang kedua adalah bagian dari komponen utama GTT. Untuk bagian yang pertama disebut bagian unit peralatan sisi primer, karena pada bagian Jaringan Tegangan Menengah (JTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV, tegangannya masih tinggi dan tidak dapat digunakan untuk menyalakan beban secara langsung, kecuali untuk beban yang

dirancang khusus. Sehingga dibutuhkan distribusi primer sebagai saluran yang akan menyuplai ke Gardu Trafo Tiang (GTT).[9]

1. Bagian-Bagian Unit Peralatan Sisi Primer Dari GTT Terdiri Dari Komponen:

a) Saluran Sambungan Dari SUTM Ke Unit Trafo

Pada saluran ini, besar arus sambungan SUTM ke saluran trafo distribusi sisi primer dihitung berdasarkan besar kapasitas kumparan daya trafo yang terpasang.

b) Cut Out

Cut Out bekerja seperti unit transformator dan cara kerjanya adalah sebagai berikut:

- Untuk membuka dan menutup saluran ke GTT, tongkat khusus harus digunakan untuk operasi, dan prinsip kerjanya seperti saklar.
- CO sebagai pengaman trafo atau GTT, sebagai unit CO yang dilengkapi dengan fuse link dan bekerja atau putus apabila dialiri arus listrik dengan kapasitas yang lebih besar.

Besarnya kapasitas CO tergantung pada ukuran fuse link. Ukuran sambungan sekring harus disesuaikan dengan daya transformator dan berfungsi sebagai pengaman (seperti pada fuse atau sekring). Jika terjadi masalah pada rakitan trafo, maka fuse link akan putus dan dapat diganti. Besarnya fuse link PLN adalah 3, 6, 10 A yang disesuaikan dengan kapasitas trafo distribusi PLN.

c) Lightning Arrester (LA)

Lightning Arrester (LA) digunakan untuk persamaan SUTM terhadap tegangan gangguan lebih surja petir (SPLN_{se.002/PST/73}), sistem pemasangan LA adalah sebagai berikut :

- **LA dipasang antara SUTM dan CO**

Jika SUTM terkena gangguan lonjakan petir, arus gangguan diamankan melalui LA dan kemudian disalurkan ke bumi.

- **LA dipasang setelah CO**

Jika SUTM disambar petir, arus gangguan melalui CO dan arus sisa gangguan tersebut selanjutnya diamankan melalui LA

2. Bagian Dari Komponen Utama GTT Adalah Sebagai Berikut :

A. Transformator

Transformator berfungsi sebagai trafo daya yang mengubah tegangan menengah (20kV) menjadi tegangan rendah (380/200) Volt

B. Fuse Cut Out (CO)

Sebagai safety branch jika terjadi gangguan pada gardu (trafo) dan cari letak gangguan pada trafo tersebut agar perangkat tidak mengalami kerusakan. CO dipasang pada sisi tegangan menengah (20kV)

C. Arrester

Sebagai trafo pengamanan terhadap gangguan yang berlebihan dari sambaran +9

petir dan sakelar (SPLN se.002 / PST / 73).

D. NH Fuse

Sebagai pengaman trafo terhadap arus lebih yang dipasang pada sisi tegangan rendah (220 volt) guna melindungi trafo dari gangguan arus lebih yang disebabkan oleh hubung singkat pada jaringan tegangan rendah atau oleh beban berlebih

E. Grounding Arrester

Untuk memindahkan listrik ke tanah yang disebabkan oleh tegangan berlebih yang disebabkan oleh sambaran petir dan operasi switching.

F. Grounding Trafo

Untuk menghindari terjadinya gangguan fasa lebih lanjut bila ada gangguan fasa tunggal pada lantai atau yang disebabkan oleh beban yang tidak seimbang

G. Isolasi

Sebagai penyekat antara bagian hidup dan non-tegangan. Digunakan sebagai isolasi tegangan listrik antara kawat dan tiang.

2.3.3 Jenis-Jenis Gardu Distribusi

a) Gardu Portal

Secara umum konfigurasi gardu distribusi yang disuplai oleh SUTM adalah penampang T dengan peralatan fusible link FCO sebagai proteksi hubung singkat untuk trafo dengan elemen sekring dan LA sebagai sarana pencegahan kenaikan tegangan pada trafo akibat adanya lonjakan petir. Untuk gardu distribusi di sistem

jaringan terbuka seperti pada sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah. dalam sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah, konfigurasi perangkat merupakan bagian di mana trafo distribusi dapat disuplai dari arah lain, yaitu dari arah masuk / keluar (sebaliknya).[10]

Untuk mengatasi faktor keterbatasan ruang pada gardu distribusi, maka digunakan konfigurasi sakelar / proteksi yang dihubungkan secara singkat sebagai Ring Main Unit (RMU). Perangkat sakelar masuk dan keluar terdiri dari sakelar pemecah beban (LBS), sakelar beban otomatis (PBO) atau pemutus sirkit (CB) yang bekerja secara manual (atau dikendalikan dari jarak jauh).

b) Gardu Cantol

Gardu Cantol adalah jenis gardu dengan trafo, proteksi, dan papan relai tegangan rendah (PHB-TR) yang dipasang atau dipasang langsung pada tiang. Pada dasarnya, sistem proteksi dan komponen gardu antol hampir identik dengan gardu portal. Perbedaannya terletak pada jenis PHB-TR, jumlah tiang dan bagian konstruksi yang digunakan.



Gambar 2.4 Gardu Cantol

Semua komponen utama pabrik, yaitu trafo dan sakelar / peralatan pelindung, dipasang di bangunan sipil yang dirancang, dibangun, dan dioperasikan dengan struktur pasangan bata. Konstruksi ini harus memenuhi persyaratan terbaik untuk keselamatan listrik.

Perbedaan sederhananya, gardu ini lebih menyerupai bangunan sipil dan memiliki halaman yang cukup luas.



Gambar 2.5 Gardu Beton

c) Gardu Kios/ Gardu Metal Clad

Bangunan prefabrikasi terbuat dari struktur baja, fiberglass, atau kombinasinya yang dapat dipasang di lokasi gardu distribusi. Gardu ini dibangun di tempat yang tidak memungkinkan untuk membangun beton atau gardu induk. Karena mobilitasnya, keluaran trafo yang dipasang dibatasi hingga maksimum 400 KVA. Jenis konstruksinya yaitu kios kompak, kios modular dan kios bertingkat.



Gambar 2.6 Gardu Kios/ Gardu Metal Clad

d) Gardu Hubung (GH)

Gardu Hubung (GH) merupakan gardu ujung dari suatu sistem spindel. Pada gardu hubung tidak terdapat trafo distribusi, jadi tegangan yang masuk sama dengan yang keluar. Semua penyulang dalam satu sistem spindel akan berakhir pada gardu hubung melalui saklar pemutus beban (*Load Break Switch/LBS*). GH atau Gardu Hubung adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver untuk mengendalikan beban listrik pada saat terjadi mati listrik, untuk melaksanakan program pemeliharaan, atau untuk menjaga kelangsungan pelayanan. GH dimaksudkan untuk memfasilitasi pemuatan manuver dari satu cabang ke cabang lain yang mungkin dilengkapi / mungkin tidak dilengkapi dengan Unit Terminal Jarak Jauh (RTU) untuk fasilitas itu, yang biasanya dilengkapi dengan catu daya DC dari trafo distribusi penggunaan sendiri atau trafo distribusi untuk unit publik. Konstruksi GH sesuai dengan gardu distribusi jenis beton. Di ruang GH terdapat ruang untuk gardu distribusi terpisah dan ruang untuk fasilitas layanan yang dikendalikan dari jarak

jauh. Ruangan untuk fasilitas servis dengan remote control berada di ruangan yang sama dengan ruangan GH, tetapi terpisah dari ruangan gardu distribusi.



Gambar 2.7Gardu Hubung

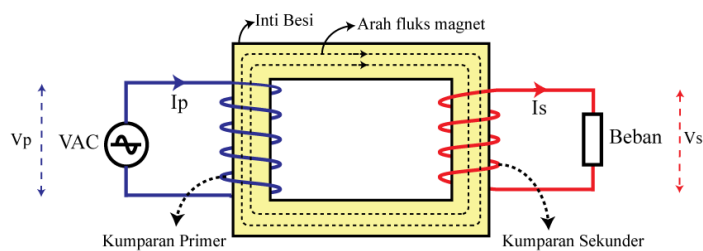
2.4 Transformator

2.4.1 Pengertian Transformator

Trafo distribusi merupakan salah satu alat yang berperan penting dalam sistem distribusi. Trafo distribusi mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Trafo distribusi yang umum digunakan adalah trafo step-down 20KV / 400V. Tegangan fasa ke fasa dari jaringan tegangan rendah adalah 380V.

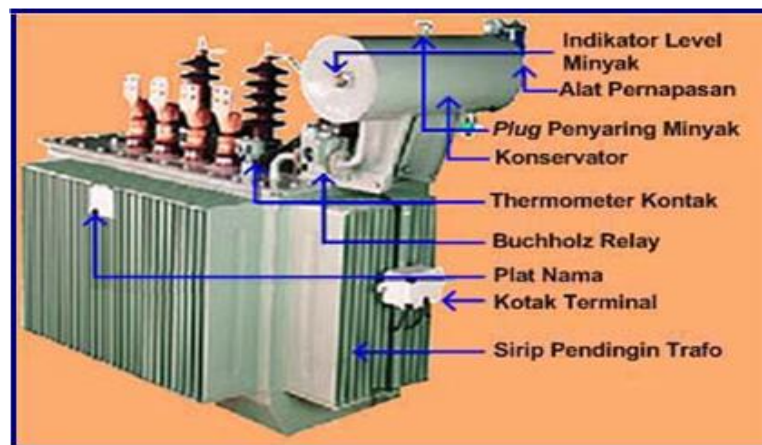
Daya listrik dipisahkan dari kumparan primer ke kumparan sekunder dengan menggunakan garis gaya magnet (fluks magnet) yang dibangkitkan oleh arus listrik

yang mengalir melalui kumparan tersebut. Ketika kumparan primer dihubungkan ke sumber belitan AC pada kumparan primer, gaya magnet bolak-balik juga tercipta. Fluks magnet dibuat dengan gaya magnet di sekitar kumparan primer. Adanya fluks magnet di ujung kumparan sekunder menciptakan gaya gerak listrik induksi sekunder yang bisa sama dengan, lebih tinggi atau lebih rendah dari gaya listrik primer.



Gambar 2.8 Diagram Satu Garis Transformator

2.4.2 Bagian-Bagian Transformator



Gambar 2.9 Bagian-Bagian Transformator

1. Inti Besi

Inti besi berfungsi untuk memperlancar jalur fluks yang tercipta oleh arus listrik yang mengalir melalui kumparan. Terbuat dari plat tipis atau plat berbahan besi khusus yang mengandung sedikit silikon. Laminasi diisolasi satu sama lain untuk mengurangi panas yang dihasilkan oleh "arus eddy" (sebagai kehilangan besi) dan dijepit untuk mencegah terjadinya getaran.[11]

2. Kumparan Trafo

Beberapa putaran kawat membentuk kumparan. Kumparan diisolasi dari inti besi dan kumparan lainnya dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lainnya. Umumnya ada kumparan primer dan sekunder pada trafo. Jika kumparan primer dihubungkan ke tegangan bolak-balik atau arus bolak-balik, fluks penginduksi tegangan dibuat di dalam kumparan. Ketika rangkaian sekunder dibebani, arus mengalir dalam kumparan untuk mengubah tegangan dan arus.

3. Minyak Trafo

Kebanyakan trafo tenaga, kumparan dan intinya terendam dalam minyak trafo, terutama trafo berkapasitas besar, karena oli trafo mempunyai sifat sebagai media perpindahan panas dan isolasi (daya tembus tegangan tinggi), sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi.

Untuk alasan ini, minyak trafo harus memenuhi persyaratan berikut:

- a) Memiliki kekuatan isolasi yang tinggi.

- b) Perpindahan panas yang baik dan berat jenis yang rendah, sehingga partikel dapat dengan cepat mengendap di dalam minyak.
- c) Memiliki viskositas rendah sehingga lebih mudah bersirkulasi sehingga pendinginan lebih baik.
- d) Memiliki titik nyala yang tinggi dan tidak mudah menguap yang dapat membahayakan.
- e) Tidak merusak bahan isolasi yang rapat.
- f) Memiliki belut yang stabil secara kimiawi.
- g) Tidak bereaksi secara kimiawi dengan logam dan bahan isolasi.

4. Isolator Bushing

Sambungan antara kumparan trafo dan jaringan luar melalui soket, yang merupakan konduktor dilapisi oleh isolator yang berfungsi sebagai isolator antara konduktor dengan tangki trafo.

5. Tangki dan Konservator

Umumnya bagian-bagian dari trafo yang dibenamkan pada minyak trafo ditempatkan di dalam tangki. Untuk menampung pemuaian minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator. Konservator selalu diisi sebagian dengan oli untuk memastikan tangki transformator terisi oli dan untuk mencegah oli tangki menyerap kelembapan dari atmosfer.

6. Pendingin Trafo

Panas dihasilkan di inti besi dan di gulungan karena kehilangan tembaga. Kemudian panas menyebabkan kenaikan suhu yang berlebihan. Ini akan merusak isolasi. Untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan, trafo harus dilengkapi dengan alat atau sistem pendingin untuk mengeluarkan panas dari trafo. Media yang digunakan dalam sistem pendingin dapat berupa: udara / gas, minyak dan air

. Secara ilmiah, aliran media disebabkan oleh perbedaan suhu media dan mempercepat pendinginan media (minyak-udara / gas) dengan melengkapi trafo dengan sirip (radiator).

7. Tap Changer Trafo (Perubahan Tap)

Pada saat trafo beroperasi, mungkin terjadi penurunan tegangan sehingga kualitasnya menurun. Untuk melakukan hal tersebut, diperlukan pengatur tegangan agar tegangan selalu dalam keadaan terbaik, konstan dan berkelanjutan.

Untuk itu trafo didesain agar perubahan tegangan pada sisi input tidak mengakibatkan perubahan tegangan pada sisi output. Alat ini dinamakan pengatur tegangan sedimen tanpa merusak beban. Ini bisa disebut On Load Tap Changer (OLTC).

8. Alat Pernapasan Tafo

Karena naik turunnya beban trafo dan temperatur udara luar, maka temperatur oli akan bervariasi sesuai dengan kondisi tersebut. Saat temperatur oli tinggi, oli

mengembang dan memaksa udara di atas permukaan oli keluar dari tangki. Saat suhu turun, oli menyusut, memungkinkan udara luar masuk ke tangki.

Dua proses di atas dikenal sebagai pernapasan transformator. Akibatnya permukaan oli bersentuhan dengan udara luar, udara luar disebut lembab. Oleh karena itu, pada penghujung nafas, diberikan alat dengan bahan yang dapat menyerap kelembaban dari udara luar.

9. Indikator Suhu Trafo

Untuk mengetahui dan memonitor keberadaan temperatur pada minyak trafo selama operasi, tampilan nilai batas dihubungkan dengan relay temperatur pada trafo dengan kapasitas besar.

10. Katub Pembuangan Dan Pengisian

Katup keluaran pada trafo digunakan untuk mengalirkan minyak pengganti trafo. Ini terletak di trafo lebih dari 100 kVA, sedangkan katup pengisi digunakan untuk menambah atau menghilangkan sampel oli pada trafo.

2.5 Pemeliharaan Gardu Distribusi

Trafo tiang (GTT) merupakan salah satu komponen instalasi tenaga listrik yang terpasang pada jaringan distribusi, yang berfungsi sebagai trafo penurun tegangan dari tegangan menengah ke rendah. Tegangan rendah tersebut kemudian disalurkan ke konsumen. Mengingat fungsi dan harga trafo cukup mahal dibandingkan dengan peralatan distribusi lainnya, maka pemeliharaan preventif dilakukan secara insentif dengan kriteria pemeliharaan yang jelas untuk setiap komponen GTT dan

dilakukan oleh personel yang berkualifikasi dengan peralatan yang memadai agar pemeliharaan dapat dilakukan secara efektif.

2.5.1 Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan gardu distribusi bertujuan agar pemasangan jaringan distribusi berjalan dengan aman, andal, efektif dan efisien.

Untuk melakukan perawatan yang baik, hal-hal berikut harus diperhatikan:

- a) Pemeliharaan direncanakan dengan baik dan benar dengan perlengkapan standar yang tepat dan kualitas yang baik.
- b) Sistem distribusi yang baru dibangun harus diperiksa dengan cermat. Jika terjadi kerusakan kecil, maka harus segera diperbaiki.
- c) Personel pemeliharaan harus dilatih dengan jumlah karyawan yang sesuai.
- d) Memiliki jadwal kerja yang memadai untuk melakukan perawatan dalam kondisi yang tidak bertegangan atau sedang bertegangan.
- e) Siapkan brosur atau buklet dengan perangkat dari produsen perangkat dan serahkan kepada petugas selama perawatan..
- f) Catatan kinerja perawatan material untuk pekerjaan perawatan selanjutnya.
- g) Membuat jadwal pemeliharaan yang baik dan teratur.
- h) Menggunakan Alat pelindung diri saat melakukan pemeliharaan.

2.5.2 Pelaksanaan Pemeliharaan Pada Gardu Distribusi

Ada dua jenis pelaksanaan pemeliharaan yaitu: Pemeliharaan dalam keadaan bebas tegangan dan pemeliharaan dalam keadaan bertegangan.

A. Pemeliharaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Pemeliharaan pada gardu distribusi yang dilakukan objeknya dalam keadaan bertegangan atau dalam keadaan tidak padam. Contohnya adalah pemeriksaan rutin kondisi gardu distribusi yang sedang beroperasi dan pengukuran beban dan tegangan gardu.

B. Pemeliharaan Dalam Keadaan Bebas Tegangan

Pemeliharaan pada gardu distribusi yang dilakukan dalam keadaan bebas tegangan atau dalam keadaan padam. Hal ini bukan berarti objek pemeliharaan benar-benar sama sekali tidak bertegangan. Contohnya adalah pada waktu pemeliharaan PHB-TR maka fuse cut out pada trafo perlu dipadamkan dalam keadaan tertentu seperti mengganti komponen listrik yang ada di PHB-TR, dengan demikian segi keamanan terhadap tegangan sentuh dapat diperhatikan.

Keuntungan pemeliharaan dalam keadaan bebas tegangan yaitu :

- a) Terjadi kecelakaan kerja terhadap sentuhan tegangan listrik dapat dihindarkan.
- b) Pekerjaan dapat dilakukan pada saat hujan.

Kerugian pemeliharaan dalam keadaan bebas tegangan yaitu :

- a) Akibat pemadaman berarti energi listrik tidak disalurkan kepada pelanggan.

2.5.3 Jenis Pemeliharaan Pada Gardu Distribusi

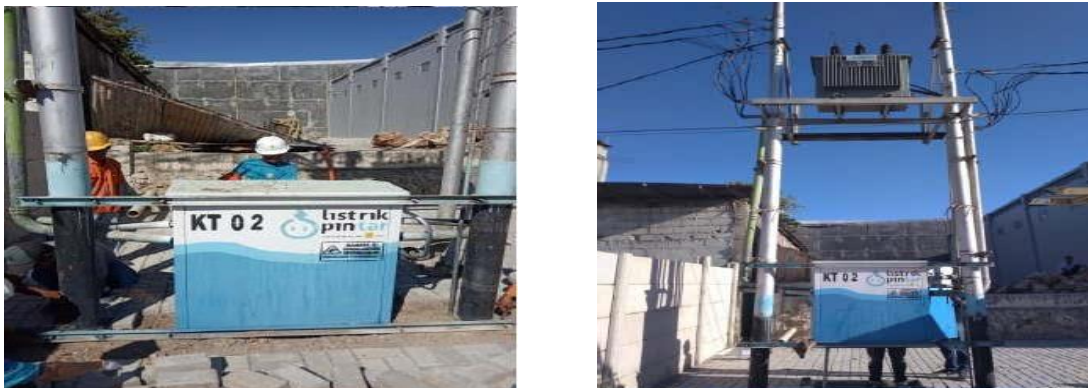
Ada dua jenis pemeliharaan pada gardu distribusi yaitu pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif :

1. Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan preventif yaitu mencegah atau mengatasi masalah pada gardu distribusi sehingga menghilangkan kemungkinan-kemungkinan yang tidak diinginkan pada gardu untuk kedepannya. Adapun jenis-jenis pemeliharaan preventif sebagai berikut :

a) Menaikan PHB-TR

Kegiatan pemeliharaan ini dilakukan apabila ada laporan dari tim inspeksi bahwa telah ditemukan PHB-TR yang telah terpasang pada gardu distribusi 20kV tipe portal, bergeser posisinya dari posisi semula atau ada penimbunan tanah disekitar gardu tersebut sehingga PHB-TR sangat dekat dengan permukaan tanah.[12]



Gambar 2.10 PHB-TR sebelum dan sesudah dinaikkan

Alat kerja untuk menaikkan PHB-TR adalah sebagai berikut :

- 1) Radio Komunikasi (HT)
- 2) Camera Digital
- 3) Tangga Isolasi
- 4) Alat Penegang Jaringan
- 5) Toolkit
- 6) Sacle Stock 20kV
- 7) Multitester
- 8) Tali Tambang
- 9) Tangpress
- 10) Gunting
- 11) Mur Baut
- 12) Konektor
- 13) Ratchet puller
- 14) WD-40
- 15) Kabel Skun
- 16) Joint Konektor

Prosedur kerja untuk menaikkan PHB-TR adalah sebagai berikut :

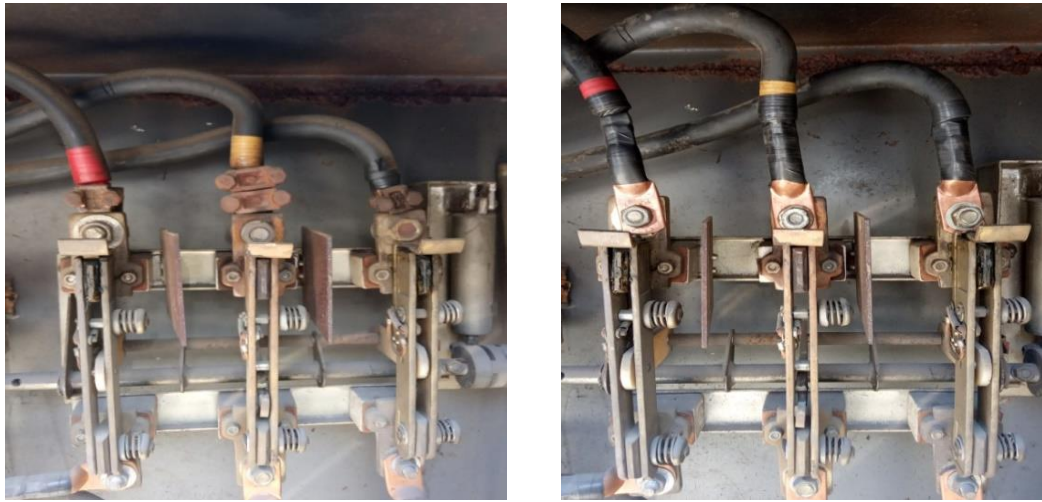
- 1) Tim preventif turun ke Target Oprasi (TO)
- 2) Tim preventif menggunakan peralatan K3/ alat pelindung diri (APD) yang sudah disiapkan
- 3) Menyiapkan alat dan material yang akan digunakan

- 4) Melakukan pemotretan sebelum melaksanakan pekerjaan menggunakan camera digital
- 5) Mengkonfirmasi ke dispatcher untuk melakukan pemadaman listrik pada TO tersebut
- 6) Mengecek tegangan pada PHB-TR dengan menggunakan multitester
- 7) Melakukan pemadaman dari pada gardu dengan cara melepas Fuse Cut Out pada trafo dan menonaktifkan pada saklar utama pada PHB-TR dan melepaskan semua NH Fuse
- 8) Melepas Mur-baut pada PHB-TR
- 9) Melepaskan kabel yang terhubung pada PHB-TR dan pada trafo
- 10) Menaikkan PHB-TR dengan menggunakan Racket Puller
- 11) Mengencangkan kembali baut pada PHB-TR
- 12) Memasang kembali kabel pada PHB-TR dan trafo
- 13) Memasang kembali NH fuse dan Fuse Cut Out
- 14) Mengecek kembali tegangan pada PHB-TR
- 15) Mengambil gambar setelah pekerjaan selesai dilakukan
- 16) Melaporkan ke dispatcher bahwa pekerjaan telah selesai dilakukan

b) Penggantian Skun Kabel

Penggantian skun kabel ini biasanya dilakukan apabila kondisi skun kabel yang lama sudah rusak atau sudah tidak layak dipakai lagi, sehingga perlu adanya penggantian.

Adapun manfaat dari penggantian skun kabel yaitu untuk mencegah gangguan yang terjadi seperti panas yang berlebihan pada kabel yang mengakibatkan keandalan penyaluran listrik terganggu.



Gambar 2.11 Kondisi kabel skun sebelum dan sesudah diganti

Prosedur penggantian kabel skun sebagai berikut :

1. Tim preventif turun ke target operasi (TO)
2. Tim pencegahan menggunakan alat K3 yang telah disiapkan / Alat Pelindung Diri (APD)
3. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan
4. Sebelum melakukan pekerjaan apa pun lakukan pemotretan dengan kamera digital
5. Mengecek tegangan pada PHB-TR dengan menggunakan Multitester

6. Melakukan pemadaman dari pada gardu dengan cara melepaskan Fuse Cut Out pada trafo dan menonaktifkan saklar utama pada PHB-TR dan melepaskan semua NH fuse
7. Melepaskan kabel skun yang lama dan memasang kabel skun yang baru
8. Memasukkan daya listrik kembali dengan cara PMT dengan posisi tertutup kemudian menutup Fuse Cut Out kembali
9. Mengecek kembali tegangan pada PHB-TR
10. Mengambil gambar setelah pekerjaan selesai dilakukan
11. Melaporkan ke dispatcher bahwa pekerjaan telah selesai dilakukan

2. Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan korektif yaitu memperbaiki atau memulihkan kembali komponen-komponen gardu distribusi yang sudah rusak agar kembali seperti semula maupun gardu distribusi yang mengalami gangguan. Adapun jenis-jenis pemeliharaannya sebagai berikut :

a)Penggantian Fuse Base

Fuse base adalah tempat bagi NH fuse jarusan apabila mengalami kerusakan maka harus diganti dengan yang baru, biasanya fuse base yang digunakan pada PHB-TR distribusi adalah tipe keramik.



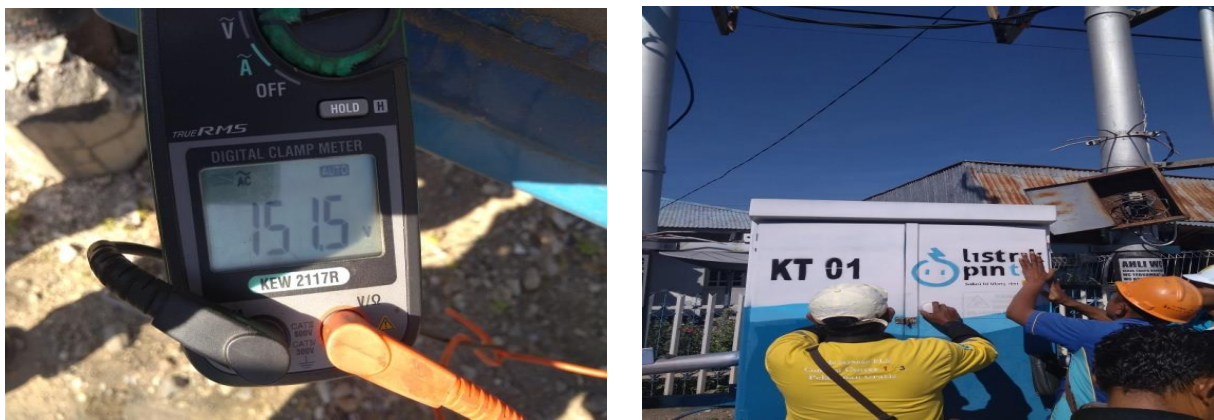
Gambar 2.12 Penggantian fuse base

Prosedur penggantian fuse base adalah sebagai berikut :

1. Tim korektir turun ke target oprasi (TO)
2. Tim korektik menggunakan peralatan K3/ alat pelindung diri (APD) yang sudah disiapkan
3. Menyiapkan alat dan material yang akan digunakan
4. Mengecek tegangan pada PHB-TR
5. Melakukan pemadaman dari pada gardu dengan cara melepas Fuse Cut Out pada trafo dan menonaktifkan sklar utama pada PHB-TR dan melepaskan semua NH fuse
6. Mengganti fuse base yang rusak
7. Memasukkan daya listrik kembali dengan cara PMT dalam posisi tertutup kemudian menutup Fuse Cut Out kembali
8. Mengecek kembali tegangan pada PHB-TR
9. Mengambil gambar setelah pekerjaan selesai dilakukan
10. Melapor ke dispatcher bahawa pekerjaan telah selesai dilakukan

b) Perbaikan Grounding Bertegangan

Grounding atau pentanahan pada PHB-TR seharusnya tidak bertegangan, nilai tegangan pada grounding maksimal 5 ohm sesuai standartnya. Tujuan nilai pertahanan serendah mungkin agar keamanan penyaluran listrik terjaga dan aman ketika terjadi gangguan yang tidak diinginkan.



Gambar 2.13 Perbaikan grounding bertegangan

Prosedur perbaikan grounding bertegangan adalah sebagai berikut :

1. Tim korektif turun ke Target Operasi (TO)
2. Tim korektif menggunakan peralatan K3/ alat pelindung diri (APD) yang sudah disiapkan
3. Menyiapkan alat dan material yang akan digunakan
4. Mengecek tegangan pada PHB-TR
5. Memperbaiki grounding tegangan
6. Mengecek kembali tegangan pada PHB-TR
7. Melaporkan ke dispatcher bahwa pekerjaan telah selesai dilakukan

2.6 Pengukuran Paramater-Parameter Pada Gardu Distribusi

Di gardu distribusi, trafo merupakan bagian dan perlengkapan terpenting yang mempengaruhi biaya sistem distribusi tenaga listrik. Jika transformator gagal, ini tidak hanya menyebabkan gangguan berskala besar pada catu daya, tetapi juga kerugian ekonomi di lingkungan ini. Oleh karena itu, pengoperasian gardu trafo distribusi harus dapat menjaga kontinuitas distribusi dan bebas interferensi dalam waktu yang lama.

Pengukuran parameter trafo merupakan bentuk pemantauan dan langkah awal dalam pemeliharaan gardu distribusi guna menjaga ketersediaan energi listrik dan menghindari pemadaman listrik yang tidak terencana serta biaya perbaikan yang mahal. Untuk mencapai tujuan diatas maka dilakukan pengukuran parameter trafo secara rutin di gardu distribusi sehingga hasil pengukuran dapat dijadikan sebagai dasar untuk tindakan perawatan preventif.

2.6.1 Rumus Transformator

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

N_p = Jumlah lilitan (kumparan) primer

N_s = Jumlah lilitasn (kumparan) sekunder

V_p = Tegangan pada kumparan primer (masukkan)

V_s = Tegangan pada kumparan sekunder (keluaran)

I_p = Arus pada kumparan primer

I_s = Arus pada kumparan sekunder

2.6.2 Efisiensi Transformator

Efisiensi trafo adalah perbandingan daya keluaran dengan daya masukan.

Secara matematis dapat dituliskan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{P_{out}}{P_{out} + \Sigma r_{ugi}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Efisiensi dihitung dengan mengambil rugi inti dari uji tanpa beban dan rugi tembaga dari uji hubung singkat

Efisiensi maksimum transformator dicapai ketika rugi inti sama dengan rugi tembaga. Secara matematis hal ini dapat dibuktikan dengan rumus berikut, dimana rugi tembaga adalah:

$$P_{cu} = I^2 \cdot R \dots\dots\dots (2.3)$$

Dan rugi inti adalah :

$$P_i = P_{hysteresis} + P_{eddy} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan memperhatikan sisi primer dimana :

$$P_{input} = V_1 I_1 \cos \phi_1 \dots\dots\dots (2.5)$$

Maka :

$$\eta \frac{V_1 I_1 \cos \phi_1 - \Sigma r_{ugi}}{V_1 I_1 \cos \phi_1} = \frac{V_1 I_1 \cos \phi_1 - I^2 \cdot R - P_i}{V_1 I_1 \cos \phi_1} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$= 1 - \frac{I \cdot R}{V_1 I_1 \cos \phi_1} - \frac{P_i}{V_1 I_1 \cos \phi_1} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan men-deferensialkan kedua bagian, didapatkan :

$$\frac{d\eta}{dI} = 0 - \frac{R}{V_1 I_1 \cos \phi_1} + \frac{P_i}{V_1 I_1 \cos \phi_1} \dots \dots \dots (2.8)$$

Persamaan tersebut berlaku untuk efisiensi maksimum, atau dengan kata lain $P_{cu} = P_i$. Untuk menentukan efisiensi daya maksimum suatu transformator, hal ini dapat ditentukan dengan menggunakan rumus.

$$= kVA_{rated} \times \sqrt{\frac{P_i}{P_{cu rated}}} \dots \dots \dots (2.9)$$

Efisiensi untuk semua persentase beban pada transformator bervariasi karena rugi-rugi tembaga juga berubah sesuai dengan beban pada transformator[13].

2.6.3 Pengukuran Tahanan Transformator

Pengukuran kumparan digunakan untuk mengetahui seberapa tinggi nilai resistansi kumparan trafo penyebab panas pada saat kumparan dinyalakan. Uji tahanan koil dapat digunakan untuk memverifikasi apakah sisi HV dan LV ada di pelat nama. Sisi HV sangat fleksibel dibandingkan dengan sisi LV, sehingga tahanan belitan pada sisi HV lebih besar dari pada sisi LV.

Jika hambatan besar maka tegangan juga besar hal ini sesuai dengan hukum ohm : $V = I \times R$ (2.10)

Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa arus pada sisi HV lebih kecil dari pada arus pada sisi LV.

Hasil pengujian juga dapat digunakan sebagai indikator pada transformator 3 fasa apakah transformator 3 fasa berada dalam kesetimbangan terhadap nilai

resistansi kumparan atau tidak. Ketiga hasil uji tahanan kumparan (fase R, S, T dengan konduktor netralnya) dibandingkan ketika trafo disambungkan. Jika ketiga hasil pengujian tersebut hampir sama maka dapat dikatakan bahwa transformator dalam keadaan seimbang. Karena jika setiap tahanan kumparan hampir sama di setiap fasa, maka rugi-rugi yang terjadi saat kumparan dialiri daya juga sama, yang memungkinkan keluaran yang seimbang dari ketiga fasa transformator. Menurut standar IEC, ketidakseimbangan beban yang diizinkan adalah 5%, karena memiliki pengaruh yang kuat terhadap jumlah arus netral ketika terjadi ketidakseimbangan beban yang tinggi.

a) Pengukuran tahanan kumparan sebelum dihubungkan

Untuk terminal HV :

- Fasa R \pm Netral R
- Fasa S \pm Netral S
- Fasa T \pm Netral T

Untuk terminal sisi LV :

- Fasa r \pm Netral r
- Fasa s \pm Netral s
- Fasa t \pm Netral t

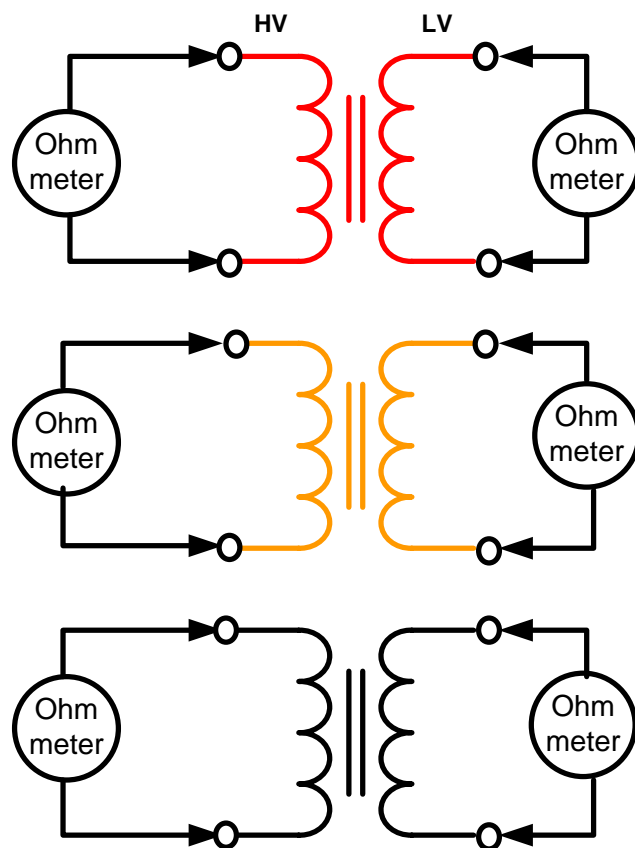
Alat ukur yang digunakan dalam uji tahanan koil adalah ohmmeter. Alat ukur megger tidak dapat digunakan dalam eksperimen ini. Karena tegangan yang

dihasilkan Megger sangat tinggi, maka terjadi korsleting pada trafo yang berujung pada kerusakan pada Megger yang digunakan.[14]

b) Alat dan bahan pengukuran tahanan kumparan

1. Transformator 3 phasa 5 kVA 1 buah
2. Ohm-meter 1 buah
3. Kabel penghubung secukupnya

c) Rangkaian Percobaan



Gambar 2.14 Rangkaian percobaan tahanan kumparan sebelum dihubungkan

d) Hasil Pengukuran

No	Uraian	Hasil (Ω)	Keterangan
1	Fasa R – Netral R		
2	Fasa S – Netral S		
3	Fasa T – Netral T		
4	Fasa r – Netral r		
5	Fasa s – Netral s		
6	Fasa t – Netral t		

Tabel 2.1 Pengukuran saat rangkaian belum dihubungkan

2.6.4 Perhitungan Arus Beban Penuh Pada Transformator

Daya Transformator bila di tinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Primer Transformator (kV)

I = Arus Jala-Jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

I_{FL} = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder (kV)

2.6.5 Penyaluran Dan Susut Daya

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P = 3 \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

P = daya pada ujung kirim

V = tegangan pada ujung kirim

$\cos \phi$ = faktor daya

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran.

Jika $[I]$ adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a , b dan c sebagai berikut :

$$[I_R] = a [I]$$

$$[I_S] = b [I] \dots\dots\dots(2.14)$$

$$[I_T] = c [I]$$

Dengan I_R , I_S dan I_T berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T.

Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai :

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(2.15)$$

Apabila persamaan (7) dan persamaan (5) menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c yaitu : $a + b + c = 3$ (8) dimana pada keadaan seimbang, nilai $a = b = c = 1$

2.6.6 Standar Tegangan

Pengukuran tahanan ini dilakukan untuk mengetahui batas tegangan rendah maupun tegangan menengah. Seusai dengan SPLN No : 1 – 1995, batas tegangan yang diijinkan untuk tegangan rendah adalah +5% ; -10%, yaitu :

$$5\% \times 230 \text{ V} = 11,5 \text{ V}$$

$10\% \times 230 \text{ V} = 23 \text{ V}$, sehingga variasi tegangan yang diijinkan untuk tegangan rendah adalah 207 V sampai 241,5 V.

Untuk tegangan menengah batas yang diijinkan sesuai dengan SPLN No : 1 – 1995 adalah +5% ; -10%, yaitu :

$$5\% \times 20.000 \text{ V} = 1.000 \text{ V}$$

$10\% \times 20.000 \text{ V} = 2.000 \text{ V}$, sehingga variasi tegangan yang diijinkan untuk tegangan menengah adalah 18 kV sampai 21 kV.

2.6.7 Segitiga Daya

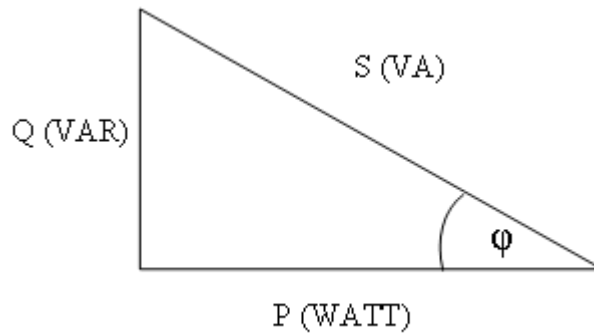
Dalam sistem kelistrikan arus bolak-balik terdapat tiga jenis arus untuk beban dengan impedansi (Z), yaitu::

- Daya Semu (S) dalam satuan VA (volt ampere) dengan beban impedansi (Z), daya semu adalah daya yang diukur atau dibaca pada

alat ukur. Daya semu adalah jumlah daya aktif dan daya reaktif horizontal

- Daya Reaktif (Q), satuan VAR (Volt Ampere Reaktif) daya reaktif adalah daya yang dihasilkan oleh efek induksi elektromagnetik oleh beban yang memiliki nilai induktif (fase tunda) atau kapasitif (fase arus memimpin).
- Daya aktif disebut juga sebagai kekuatan nyata. Ini adalah daya yang dibutuhkan oleh beban.

Hubungan dari ketiga daya diatas (S, Q, P) disebut segitiga daya



Dari gambar di atas terlihat bahwa semakin besar nilai daya reaktif (Q) maka semakin besar pula sudut antara daya aktif dan daya semu, atau bisa juga disebut dengan faktor daya / $\cos \phi$. Artinya daya yang terbaca pada alat ukur (S) lebih besar dari daya yang sebenarnya dibutuhkan oleh beban (P).

$$\text{Dimana : } S = V \times I = (\text{VA}) \quad \dots\dots\dots(2.16)$$

$$N = V \times I \times \cos \phi \text{ (W)} \quad \dots\dots\dots(2.17)$$

$$Q = V \times I \times \sin \phi \text{ (VAR)} \quad \dots\dots\dots(2.18)$$

2.6.8 Sistem Pembumiann (*Grounding System*)

Sistem pentanahan adalah rangkaian atau jaringan yang dimulai dari tiang pentanahan / elektroda pentanahan, saluran / konduktor hingga sambungan pentanahan dan digunakan untuk mengalirkan arus berlebih ke pentanahan guna melindungi orang dari sengatan listrik dan untuk mengamankan komponen pemasangan ini dapat menghindari risiko arus dan tegangan eksternal, dan perangkat dapat dioperasikan sesuai dengan peraturan teknis terkait.

Untuk memastikan keamanan ini, diperlukan struktur pembumian yang sesuai dengan standar yang berlaku :

- Resistensi bumi harus memenuhi kondisi yang diinginkan untuk penggunaan tertentu
- • Elektroda yang dibenamkan ke dalam tanah harus:
 - Bahan konduktor yang bagus
 - Tahan korosi
 - Cukup kuat
- Elektroda harus memiliki kontak yang baik dengan bumi di sekitarnya
- Daya tahan tanah harus baik untuk musim yang berbeda

A. Definisi-Definisi Sistem Pembumian

Sesuai dengan PUIL 2000 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000) ada beberapa definisi yang harus diperhatikan, yaitu:

- **Bumi (Earth)** adalah massa konduktif bumi, yang potensial listriknya sama dengan nol di setiap titik menurut konversi.

- **Elektroda Bumi (Earth Electrode)** adalah bagian konduktif atau sekelompok bagian konduktif yang melakukan kontak langsung dan menyediakan sambungan listrik ke bumi.

- **Gangguan Bumi (Earth Fault)** adalah gangguan isolasi antara penghantar dan bumi atau selubung, di mana kesalahan tersebut disebabkan oleh penghantar yang terhubung ke bumi atau karena tahanan isolasi ke bumi kurang dari nilai tertentu.

- **Isolasi (Isolation)** adalah :

1. (Sebagai bahan) merupakan segala jenis bahan yang dipakai untuk mengisolasi sesuatu.
2. (Pada kabel) adalah bahan yang digunakan untuk mengisolasi konduktor dari konduktor lain dan, jika dapat diterapkan, dari sambungannya.

- **Elektroda Batang** adalah elektroda yang terbuat dari tabung logam, profil baja atau batang logam lainnya yang diarahkan ke bumi.

- **Pembumian (Earthing)** adalah sambungan ke titik sirkuit atau konduktor yang dalam beberapa hal bukan merupakan bagian dari sirkuit dengan bumi.

- **Penghantar Pembumian (Earthing Conductor)** adalah :

1. Penghantar berimpedansi rendah dihubungkan ke bumi
2. Konduktor pelindung yang menghubungkan batang atau koneksi arde utama ke elektroda arde

- **Rel Pembumian** adalah saluran untuk menghubungkan beberapa konduktor ke tanah.

- **Jenis menurut PUIL 2000 dibagi atas :**

- 1) Tanah rawa
- 2) Tanah liat dan tanah ladang
- 3) Pasir basah
- 4) Krikil basah
- 5) Pasir dan krikil kering
- 6) Tanah berbatu

- **Tahanan Jenis Tanah**

Setiap jenis tanah memiliki ketahanan jenis tanah yang berbeda-beda. Tergantung pada jenis tanahnya, hal ini dapat dilihat pada tabel berikut, yang merupakan nilai tipikal.[15]

1	2	3	4	5	6	7
Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat dan tanah ladang	Pasir basah	Krikil basah	Pasir dan kering kering	Tanah berbatu
Resistansi Jenis (Ω - m)	30	100	200	500	1000	3000

Tabel 2.2Tahanan jenis tanah

2.6.9 Pengukuran Arus

a) Pengukuran Losses Pada Penghantar Netral Transformator

Kerugian transformator disebabkan oleh aliran arus dalam konduktor netral transformator. Aliran arus pada penghantar netral transformator terjadi karena ketidakseimbangan beban pada setiap fasa pada sisi sekunder transformator yaitu fasa R, S dan T.

Losses pada penghantar netral trafo dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \times R_N \dots \dots \dots (2.19)$$

P_N = Losses penghantar netral trafo (watt)

I_N = Arus pada netral trafo (ampere)

R_N = Tahanan penghantar netral trafo (ohm)

Sedangkan *losses* yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (*ground*) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \times R_G \dots \dots \dots (2.20)$$

P_G = Losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

I_N = Arus netral yang mengalir ke tanah (ampere)

R_N = Tahanan pembumian netral trafo (ohm)

b) Pengukuran Losses JTR (Jaringan Tegangan Rendah)

Penyaluran tegangan pada jaringan tegangan rendah pasti akan mengalami *losses* juga. Rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi disebabkan oleh

hambatan jaringan. Hambatan jaringan konduktor listrik diberikan dalam persamaan berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ ohm} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

ρ = Resistansi penghantar (ohm mm²/m)

L = Panjang penghantar (m)

A = Luas penampang penghantar (m²)

R = Resistansi jaringan (ohm)

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Data hasil ukur dari lapangan operasi distribusi digunakan sebagai referensi untuk mencari dan menentukan gardu induk dengan beban tidak seimbang. Secara umum, beban yang tidak seimbang dapat dengan mudah diinduksi dengan melihat hasil pengukuran arus netral. Jika arus netral lebih besar dari atau sama dengan arus fasa diperoleh, beban yang tidak seimbang pada jaringan harus dicurigai. Induksi beban tak seimbang juga dapat dilihat dari besarnya arus tiap fasa (R, S dan T) yang memiliki perbedaan yang besar.

3.2 Objek Penelitian

Yang menjadi objek penelitian yaitu Gardu Distribusi GLS 84 di desa polohungo PT PLN (Persero) Area Gorontalo Rayon Limboto.

3.3 Tempat Penelitian

Tempat penelitian : PT. PLN (Persero) Area Gorontalo Rayon
Limboto

3.4 Metode Pengambilan Data

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur adalah jenis referensi yang penulis gunakan sebagai referensi dalam bentuk buku / e-book, jurnal penelitian yang ada, atau artikel yang keakuratannya dapat dijamin secara tertulis..

3.4.2 Observasi

Observasi penulis adalah observasi kondisi lapangan untuk lebih memahami masalah sebenarnya dan mendapatkan informasi tentang data yang dibutuhkan.

3.4.3 Wawancara

Penulis melakukan wawancara untuk mendapatkan informasi dari operator dan nara sumber di tempat yang bersangkutan untuk memperkuat / memperdalam informasi mengenai data yang dibutuhkan.

3.5 Data Yang Diperlukan

Data yang diperlukan dalam penimbangan beban trafo distribusi GLS 84 adalah:

1. Tegangan phasa – phasa
2. Tegangan phasa – netral
3. Beban per phasa

3.6 Tahapan Alur Penelitian

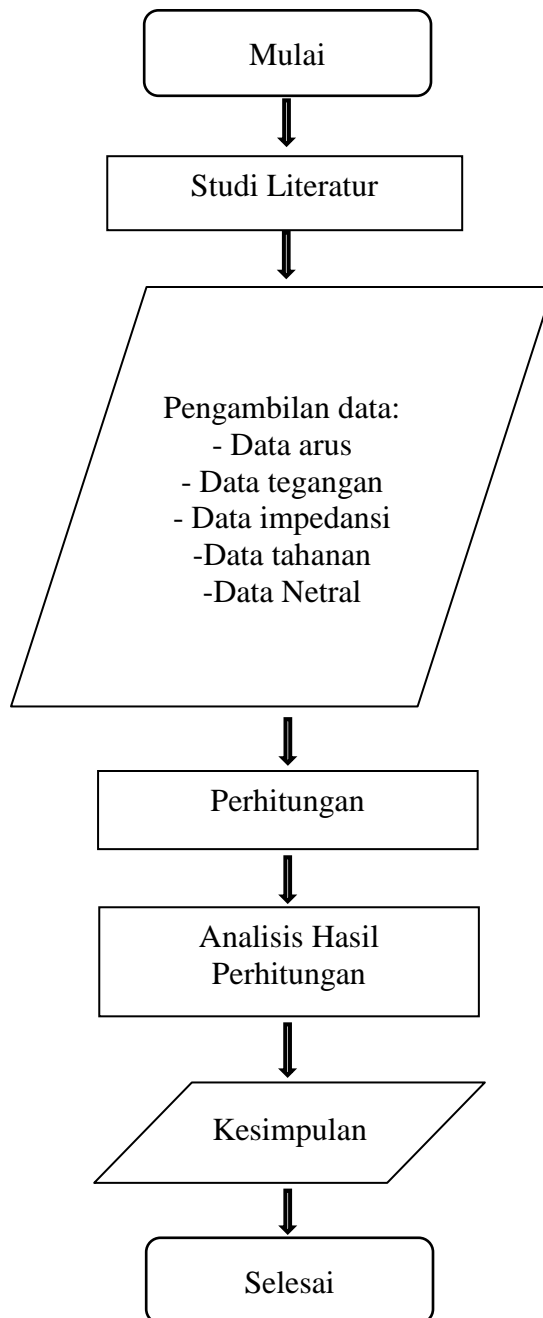
Tahapan alur penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tahap pertama yang kita mulai adalah mencari referensi dari buku maupun jurnal
2. Tahap kedua yang kita mulai adalah pengumpulan data pengukuran beban Gardu Distribusi
3. Melakukan beberapa analisa perhitungan seperti :

- a. Analisa pembebanan Trafo distribusi pada siang hari pukul 11.00 dan malam pukul 19.30
 - b. Menentukan presentase pembebanan pada siang hari pukul 11.00 dan malam pukul 19.30
 - c. Analisa ketidakseimbangan beban pada Trafo distribusi, dilakukan skema pada siang hari pukul 11.00 dan malam hari pukul 19.30
 - d. Analisa *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo, dilakukan skema pada siang hari pukul 11.00 dan malam hari pukul 19.30
 - e. Analisa *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah pada siang hari pukul 11.00 dan malam hari pukul 19.30
4. Menyimpulkan hasil dari analisis

3.7 Flow Chart Alur Penelitian

Berikut ini adalah diagram alur penelitian yang dilakukan



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Transformator Distribusi

Transformator distribusi merupakan salah satu alat yang berperan penting dalam sistem distribusi. Trafo distribusi mengubah tegangan menengah ke tegangan rendah. Trafo distribusi yang sering digunakan adalah trafo step-down 20 kV / 400 V. Tegangan fasa ke fasa dari jaringan tegangan rendah adalah 380 V.

Pada penelitian ini akan dibahas salah satu rugi-rugi daya yang disebabkan oleh arus netral sebagai akibat dari pembebanan yang tidak seimbang disetiap fasa. Dan penelitian ini dilakukan dengan survei lapangan dan mengambil data-data yang diperlukan.

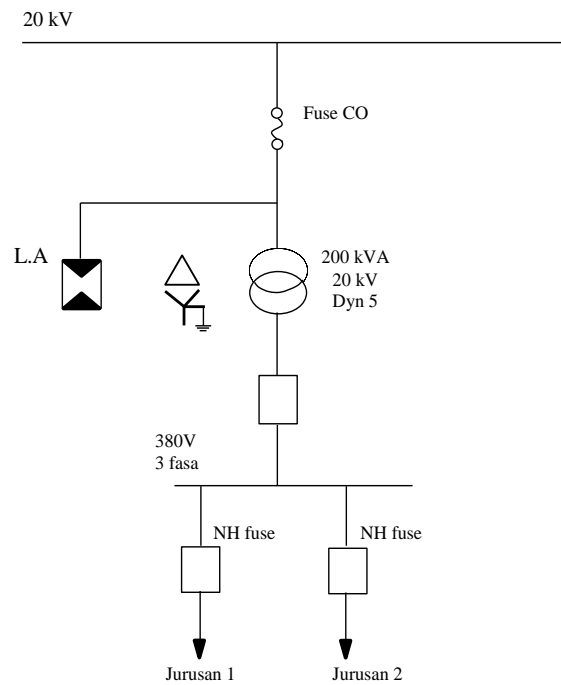
4.2 Data Teknis Trafo

Spesifikasi Trafo Tiang GLS 084

Buatan Pabrik	: B&D
Tipe	: Outdoor
Daya	: 50 kVA
Tegangan Kerja	: 21/20,5/20/19,5/19 kV // 400 V
Arus	: Arus Primer 1,445 A/ Fasa, Sekunder 72,2 A/ Fasa
Hubungan	: Dyn5
Impedansi	: 4%
Trafo	: 1 x 3 Fasa



Gambar 4.1 Trafo Distribusi GLS 084



Gambar 4.2 Single Line Trafo Distribusi 50 kVA

4.3 Data Pengukuran

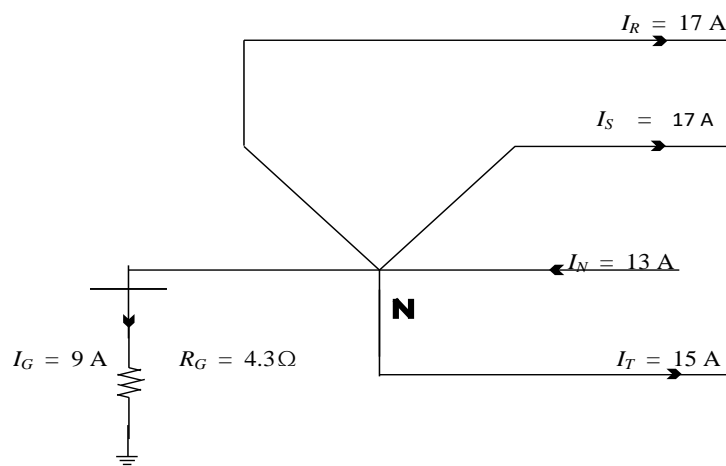
Phasa	S (kVA)	Vp-n (Volt)	I (Ampere)	Cos ϕ
R	3.706	218	17	0.85
S	3.672	216	17	0.85
T	3.210	214	15	0.85
I _N			13	
I _G			9	
R _G			4.3	

Tabel 4.1Hasil pengukuran siang hari

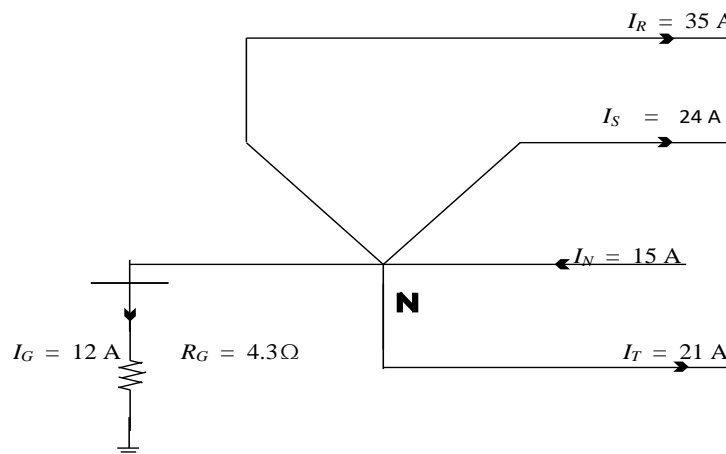
Phasa	S (kVA)	Vp-n (Volt)	I (Ampere)	Cos ϕ
R	7.630	218	35	0.85
S	5.184	216	24	0.85
T	4.494	214	21	0.85
I _N			15	
I _G			12	
R _G			4.3	

Tabel 4.2 Hasil pengukuran malam hari

Ukuran kawat untuk penghantar netral trafo adalah 50 mm^2 dengan $R = 0,6842 \text{ } \Omega / \text{km}$, sedangkan untuk kawat penghantar phasanya adalah 70 mm^2 dengan $R = 0,5049 \text{ } \Omega / \text{km}$



Gambar 4.3 Skema Aliran Arus di Sisi Sekunder Trafo pada Siang Hari



Gambar 4.4 Skema Aliran Arus di Sisi Sekunder Trafo pada Malam Hari

4.4 Analisa Hasil Penelitian

4.4.1 Pembebanan Pada Trafo Distribusi GLS 084

Cara menghitung arus beban penuh (*full load*) pada Trafo distribusi dengan menggunakan persamaan (2.11)

$$S = 50 \text{ kVA}$$

$$V = 20 \text{ kV}$$

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{50000}{\sqrt{3} \times 20000} = 1,443 \text{ Ampere}$$

Fuse Cut Out yang dipilih sesuai standar SPLN adalah *Fuse Link Type* dengan rating 2 ampere.

Untuk menentukan besarnya NH Fuse, maka dihitung besarnya arus beban penuh (*full load*) dengan menggunakan persamaan (2.12) berdasarkan tabel 4.1 adalah:

$$S = 50 \text{ kVA}$$

$$V = 0,4 \text{ kV phasa-phas}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{50.000}{\sqrt{3} \times 400} = 72,169 \text{ Ampere}$$

NH *Fuse* yang dipilih sesuai SPLN adalah NH *Fuse* dengan rating 80 A untuk jurusan utama atau (*Incoming*)

Besar arus hubung singkat (short circuit) dapat dihitung berdasarkan Tabel 4.1 sebagai berikut :

$$I_{sc} = \frac{S.100}{\%Z. \sqrt{3}.V} = \frac{5000000}{4. \sqrt{3}.400} = 1.804,22$$

4.4.2 Presentase Pembebanan Trafo

1. Pengukuran Siang Hari : Pukul 11.00

Untuk menentukan rata-rata presentase pembebanannya, terlebih dahulu menghitung presentase pembebanan per fasa berdasarkan Tabel 4.1.

$$I_R = 17 \text{ A}$$

$$I_S = 17 \text{ A}$$

$$I_T = 15 \text{ A}$$

$$\% I_R = \frac{I_R}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{17}{72,169} \times 100\% = 23,555 \%$$

$$\% I_S = \frac{I_S}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{17}{72,169} \times 100\% = 23,555 \%$$

$$\% I_T = \frac{I_T}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{15}{72,169} \times 100\% = 20,784 \%$$

Jadi rata-rata presentase pembebanannya adalah :

$$I_{rata \text{ siang}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{17 + 17 + 15}{3} = 16,33 \text{ Ampere}$$

$$\frac{I_{rata \text{ siang}}}{I_{FL}} = \frac{16,33}{72,169} \times 100\% = 22,62\%$$

2. Pengukuran Malam Hari : Pukul 19.30

Untuk menentukan rata-rata persentase pembebanannya, terlebih dahulu menghitung persentase pembebanan per fasa berdasarkan Tabel 4.2.

IR = 35 A

IS = 24 A

IT = 21 A

$$\% IR = \frac{I_R}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{35}{72,169} \times 100\% = 48,50 \%$$

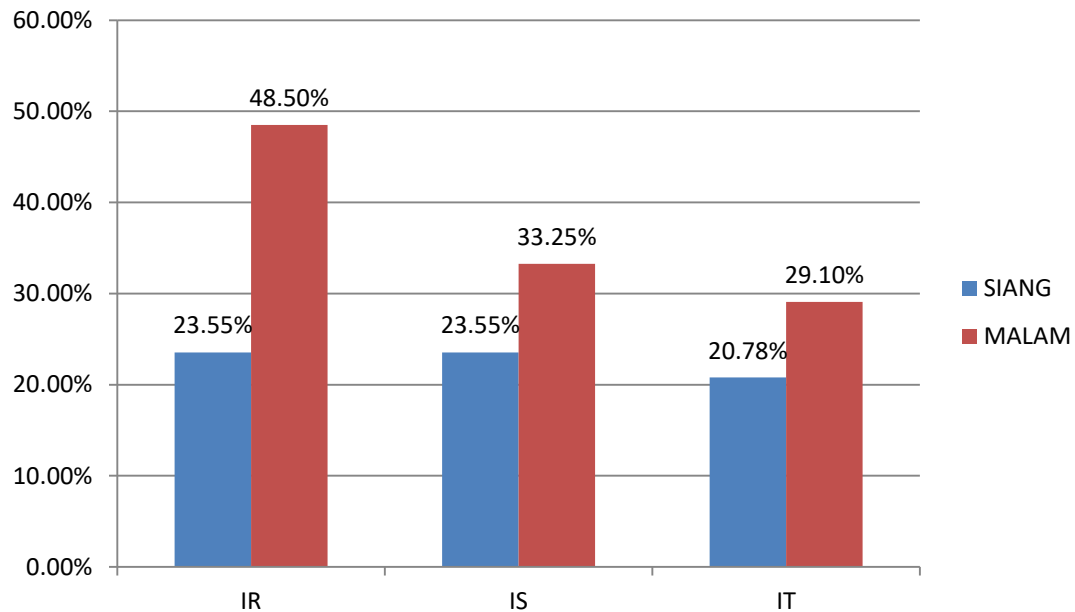
$$\% IS = \frac{I_S}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{24}{72,169} \times 100\% = 33,25 \%$$

$$\% IT = \frac{I_T}{I_{fl}} \times 100\% = \frac{21}{72,169} \times 100\% = 29,10 \%$$

Jadi rata-rata persentase pembebanannya adalah :

$$I_{rata \text{ malam}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{35 + 24 + 21}{3} = 26,66 \text{ Ampere}$$

$$\frac{I_{rata \text{ malam}}}{I_{FL}} = \frac{26,66}{72,169} \times 100\% = 36,94\%$$



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Arus pada Siang dan Malam Hari

Dari grafik diatas terlihat bahwa pada saat malam hari beban pada trafo lebih besar dari pada dibandingkan pada siang hari. Dan hasil perhitungan beban dapat di lihat bahwa pada saat malam hari (WBP = Waktu Beban Puncak) persentase pembebanan cukup tinggi yaitu 36,94%, sedangkan pada saat siang hari persentase pembebanan menurun yaitu 22,62%

4.5 Analisa ketidakseimbangan Beban pada Trafo

Pada Siang Hari : Pukul 11.00

Berdasarkan data Tabel 4.1 kita dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut :

$$I_R = 17 \text{ A}$$

$$I_S = 17 \text{ A}$$

$$I_T = 15 \text{ A}$$

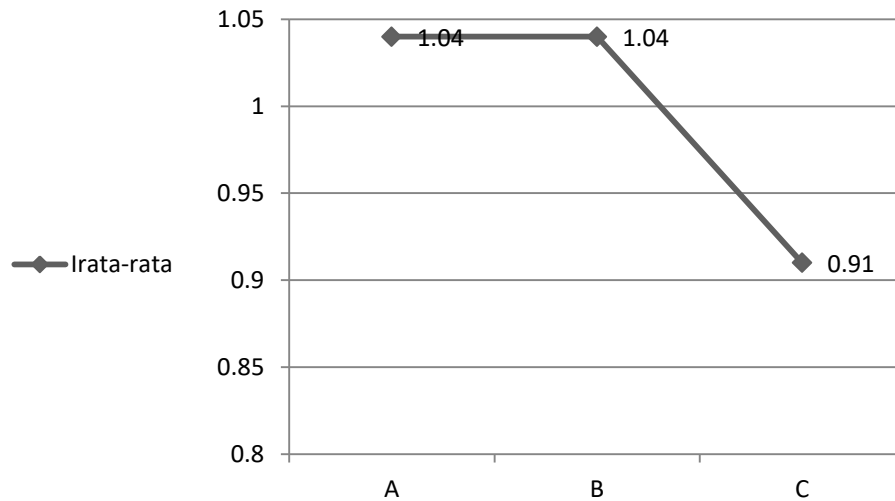
$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{17 + 17 + 15}{3} = 16,33 \text{ Ampere}$$

Dengan menggunakan persamaan (2.14), Koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata (I_{rata-rata})

$$I_R = a \cdot I \quad \text{maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{17}{16,33} = 1,04$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{maka : } b = \frac{I_S}{I} = \frac{17}{16,33} = 1,04$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{maka : } c = \frac{I_T}{I} = \frac{15}{16,33} = 0,91$$



Gambar 4.6 Grafik Presentase Arus pada Siang Hari

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1.

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\{|a-1| + |b-1| + |c-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\{|1,04-1| + |1,04-1| + |0,91-1|\}}{3} \times 100\% = 5\%$$

Pada malam hari : Pukul 19.30

Berdasarkan data pada tabel 4.2 kita dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut :

$$I_R = 34 \text{ A}$$

$$I_S = 24 \text{ A}$$

$$I_T = 21 \text{ A}$$

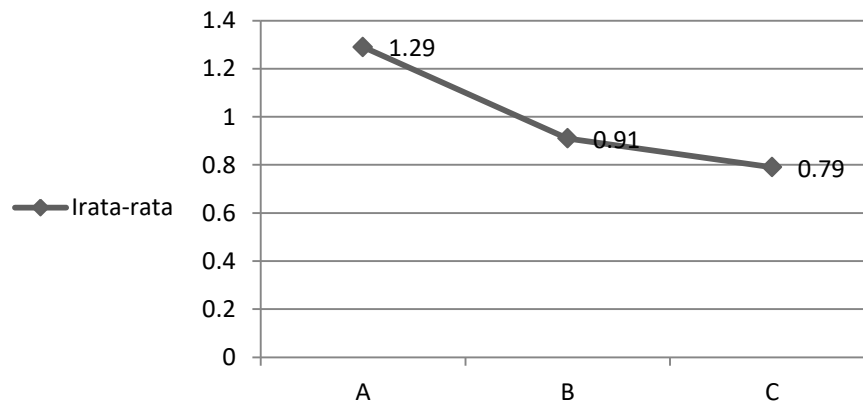
$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{34 + 24 + 21}{3} = 26,33 \text{ Ampere}$$

Dengan menggunakan persamaan (2.14), Koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata (Irata-rata).

$$I_R = a \cdot I \quad \text{maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{34}{26,33} = 1,29$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{maka : } b = \frac{I_S}{I} = \frac{24}{26,33} = 0,91$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{maka : } c = \frac{I_T}{I} = \frac{21}{26,33} = 0,79$$

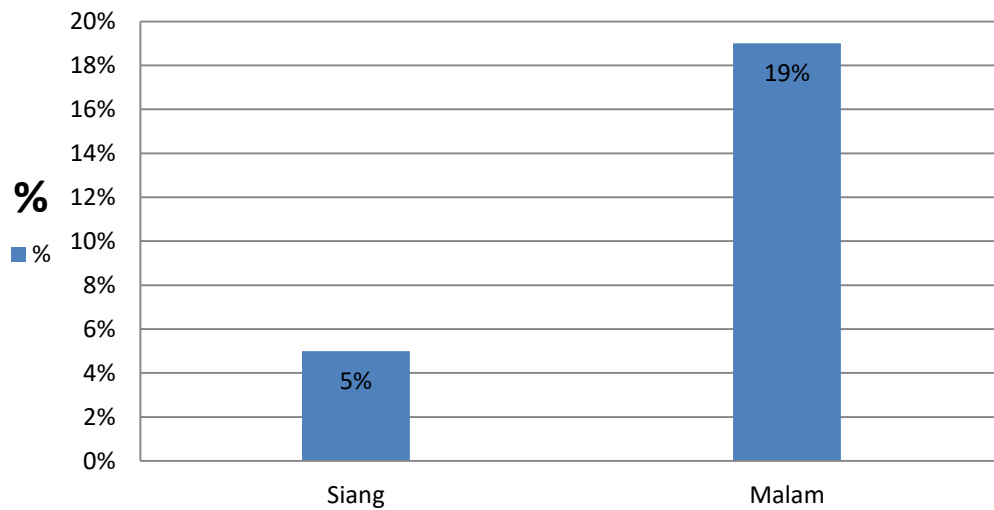


Gambar 4.7 Grafik Presentase Arus pada Malam Hari

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1.

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\{|1,29-1| + |0,91-1| + |0,79-1|\}}{3} \times 100\% = 19\%$$



Gambar 4.8 Grafik Presentase Ketidakseimbangan Beban

Dari Grafik di atas kita bisa melihat perbedaan ketidakseimbangan beban antara siang hari dan malam hari. Pada siang hari rata-rata ketidakseimbangan beban 5%, sedangkan pada malam hari adalah 19 %. Hal ini disebabkan penggunaan beban yang tidak merata di antara konsumen sehingga menyebabkan beban tidak seimbang.

Menurut standard IEC ketidakseimbangan beban yang diijinkan adalah 5% dengan tingginya ketidak seimbangan beban berpengaruh terhadap besarnya arus netral, dimana arus netral yang besar mengakibatkan losses bertambah dan kualitas

tenaga yang rendah sehingga berpengaruh terhadap kualitas sistem penyaluran tenaga listrik.

4.6 Losses Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral Trafo

Pada Siang Hari : Pukul 11.00

Dari Tabel 4.1 hasil pengukuran *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan (2.19), yaitu :

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (13)^2 \cdot 0,6842 = 115,63 \text{ Watt} = 0,11 \text{ kW}$$

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (13)^2 \cdot 0,5049 = 85,33 \text{ Watt} = 0,08 \text{ kW}$$

Dimana daya aktif trafo (P) :

$$P = S \cdot \cos \varphi, \text{ dimana } \cos \varphi \text{ yang digunakan adalah } 0,85$$

$$P = 50 \cdot 0,85 = 42,5 \text{ kW}$$

Sehingga, presentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,11 \text{ kW}}{42,5 \text{ kW}} \times 100\% = 0,2\%$$

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,08 \text{ kW}}{42,5 \text{ kW}} \times 100\% = 0,1\%$$

Pada Malam Hari : Pukul 19.30

Dari Tabel 4.1 hasil pengukuran *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan (2.19), yaitu :

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (15)^2 \cdot 0,6842 = 153,94 \text{ Watt} = 0,15 \text{ Kw}$$

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N = (15)^2 \cdot 0,5049 = 113,60 \text{ Watt} = 0,11 \text{ kW}$$

Dimana daya aktif trafo (P) :

$$P = S \cdot \cos \varphi, \text{ dimana } \cos \varphi \text{ yang digunakan adalah } 0,85$$

$$P = 50 \cdot 0,85 = 42,5 \text{ kW}$$

Sehingga, presentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,15 \text{ kW}}{42,5 \text{ kW}} \times 100\% = 0,3\%$$

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{0,11 \text{ kW}}{42,5 \text{ kW}} \times 100\% = 0,2\%$$

4.7 Losses Akibat Adanya Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

Pada Siang Hari : Pukul 11.00

Dari Tabel 4.1 hasil pengukuran *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan (2.20), yaitu :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G = (9)^2 \cdot 4,3 = 348,3 \text{ Watt} = 0,35 \text{ kW}$$

Dengan demikian presentase *losses*-nya adalah :

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{0,35 \text{ kW}}{42,5 \text{ kW}} \times 100\% = 0,82\%$$

Pada Malam Hari : Pukul 19.30

Dari Tabel 4.2 hasil pengukuran *losses* akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah dapat di hitung besarnya dengan menggunakan persamaan (2.20), yaitu :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G = (12)^2 \cdot 4,3 = 619,2 \text{ Watt} = 0,62 \text{ kW}$$

Dengan demikian presentase *losses*-nya adalah :

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{0,62 \text{ kW}}{42,5 \text{ kW}} \times 100\% = 1,45\%$$

RN (ohm)	Waktu	Ketidakseimbangan Beban (%)	IN (A)	IG (A)	PN (kW)	PN (%)	PG (kW)	PG (%)
0,6842 (50 mm ²)	Siang	5	13	9	0,11	0,2	0,35	0,82
	Malam	19	15	12	0,15	0,3	0,62	1,45
0,5049 (70 mm ²)	Siang	5	13	9	0,08	0,1	0,35	0,82
	Malam	19	15	12	0,11	0,2	0,62	1,45

Tabel 4.3 Losses Transformator

Berdasarkan hasil presentase Tabel 4.3, terlihat bahwa pada malam hari untuk kawat penghantar Netral Trafo 50 mm² dengan R = 0,6842Ω. (IN: 15 A), (IG: 12 A), (PN: 0,15 kW), (PN: 0,3%), (PG: 0,62 Kw), (PG: 1,45%). Sedangkan untuk kawat penghantar fasanya 70 mm² dengan R = 0,5049Ω (IN: 15 A), (IG: 12 A), (PN: 0,11 Kw), (PN: 0,2%), (PG: 0,62 Kw), (PG: 1,45%) maka ketidakseimbangan beban pada trafo lebih besar yaitu (19%) dari pada dibandingkan pada siang hari, kawat penghantar Netral Trafo 50 mm² dengan R =

0,6842 Ω . (IN: 13 A), (IG: 9 A), (PN: 0,11 kW), (PN: 0,2%), (PG: 0,35 Kw), (PG: 0,82%). Sedangkan untuk kawat penghantar fasanya 70 mm² dengan R = 0,5049 Ω (IN: 13 A), (IG: 9 A), (PN: 0,08 Kw), (PN: 0,1%), (PG: 0,35 Kw), (PG: 0,82%), maka ketidakseimbangan beban (5%). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penggunaan listrik yang tidak merata.

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa semakin besar arus netral yang mengalir di penghantar netral trafo (IN), maka semakin besar *losses* pada penghantar netral trafo (PN). Demikian pula bila semakin besar arus netral yang mengalir ke tanah (IG), maka semakin besar *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (PG). Dengan semakin besar arus netral dan *losses* di trafo maka efisiensi trafo akan menjadi turun. Bila ukuran kawat penghantar netral dibuat sama dengan kawat penghantar fasanya maka *losses* arus netralnya akan turun.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Ketidakseimbangan beban menyebabkan arus mengalir pada hantaran netral. Arus ini menjadi *losses* yang harus ditanggung PT. PLN karena sepanjang hantaran netral terdapat resistansi.
2. Hasil presentase Tabel 4.3, terlihat bahwa pada malam hari ketidakseimbangan beban pada trafo lebih besar yaitu (19%), dari pada dibandingkan pada siang hari yaitu (5%). Hal ini disebabkan oleh penggunaan listrik yang tidak merata sehingga menyebabkan beban yang tidak seimbang.

5.2 Saran

1. Perlu adanya perawatan trafo triwulan, trimester atau tahunan untuk mencegah terjadinya ketidakseimbangan beban, serta untuk mencegah kerusakan pada Transformator
2. Untuk PLN sebaiknya lebih rutin melakukan pengecekan pelanggan untuk mencegah terjadinya ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Savitri, “Studi Lanjut Pembangunan Gardu Hubung Dengan Pemindahan Sebagian Beban Di Penyulang Tirtoyudo Ke Penyulang Gading Ampel Di PLN Rayon Dampit,” 2015, [Online]. Available:
<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- [2] F. Yusuf Ridho Surya Dharma Nainggolan*, “Analisis Keandalan Berbasis Sistem pada Jaringan Distribusi 20kV UPJ PT. PLN Persero Area Pekanbaru Rayon Panam,” pp. 1–9, 2016, [Online]. Available:
<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- [3] H. S. Sandy Firdaus1), Didik Notosudjono2), “Studi Keandalan Sistem Distribusi Pada Penyulang Di Kecamatan Cisarua Kabupaten Bogor,” 2017.
- [4] H. L. Latupeirissa, “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Daya Pada Trafo Distribusi Gardu KP - 01 Desa Hative Kecil,” vol. 7, no. 2, pp. 1–7, 2017.
- [5] E. Suherman and S. P. Kampay, “Kerugian Daya Akibat Ketidakseimbangan Beban,” vol. VII, no. 1, pp. 59–68, 2017.
- [6] I. J. Ohoiwutun, “Analisa Rugi Daya Transformator 100 kVA Gardu Rufeip Pantai Di PT. PLN (Persero) Wilayah Papua Dan Papua Barat Area Sorong Latar belakang Tujuan dan Manfaat Tujuan 1) Sebagai bahan masukan untuk PT . PLN (Persero) Area Sorong mengenai masalah rugi daya.”

- [7] A. S. Sampeallo *et al.*, “Analisis Rugi Daya Instalasi Jaringan Tegangan Rendah Laboratorium Riset Terpadu Lahan Kering Kepulauan Undana 1,2,3,” vol. VII, no. 2, pp. 67–74.
- [8] W. H. Pareira, “Analisis Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Kualitas Daya Pada Jaringan Distribusi Radial Di Area Atambua Kabupaten Belu,” 2017.
- [9] “SOP Pemeliharaan Gardu Trafo,” [Online]. Available: <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- [10] N. Pasra and P. Putri Ruswandi, “Pelaksanaan Manajemen Pemeliharaan Gardu Distribusi,” *Jurnal sutet*, vol. 6, no. 2. pp. 1–21, 2016.
- [11] J. Siburian, D. Jurusan, T. Elektro, and U. Darma, “Karakteristik transformator,” *J. Teknol. Energi UDA*, vol. VIII, no. 21, pp. 21, 23, 2019.
- [12] “Pemeliharaan Gardu.”
- [13] R. E. Sinaga and P. S. M. L. Tobing, “Studi Tentang Pengukuran Parameter Trafo Distribusi Dengan Menggunakan Emt (Electrical Measurement & Data Transmit),” *Singuda ENSIKOM*, vol. 8, no. 3, pp. 128–133, 2014.
- [14] D. Teori, “Prosedur Pengujian Transformator 3 Phasa.”
- [15] “Pengukuran Tahanan Tanah,” [Online]. Available: <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- [16] J. S Setiadji, T. Machmudsyah, Y. Isnanto “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi”