



**Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada
Transformator Step Up 60 Mva di Gardu Induk PT. PLN
(Persero) Batam**

Tugas Akhir

**Oleh:
Dinda Aisha Sri Wahyuni (4232111011)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Analisa ketidakseimbangan beban pada transformator step up 60 MVA Di Gardu induk Pt PLN (persero)) batam " adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

E

Batam, 8, Januari, 2025



Dinda Aisha Sri Wahyuni
NIM: 4232111011

Lembar Pengesahan

**Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
Di
Politeknik Negeri Batam**

**Oleh:
Dinda Aisa Sri Wahyuni (4232111011)**

Tanggal Sidang: 08 Januari 2025

Disetujui oleh :



**1. Ir. Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd
NIK:119230**



**1. Handri Toar S.ST., M.Tr.T
NIK:113114**



**2. Lalu Kaisar Wisnu Kita, S.T., M.Sc.
NIK:123290**

ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR STEP UP 60 MVA DI GARDU INDUK PT. PLN (Persero) BATAM

Abstrak

Ketidakseimbangan beban dalam sistem distribusi tenaga listrik sering terjadi karena distribusi beban yang tidak merata antara fasa R, S, dan T pada pengguna jaringan tegangan rendah. Dampak dari ketidakseimbangan beban tersebut adalah munculnya arus netral pada trafo. Arus netral dalam trafo netral ini menyebabkan *losses*, yaitu rugi daya dari arus netral pada penghantar netral trafo dan rugi daya akibat arus netral. Adapun Hasil penelitian ini menunjukkan nilai ketidakseimbangan beban pada transformator 1 adalah 6, 63% dan 6, 36% untuk transformator 2 nilai ini masih dalam kondisi normal menurut dengan standart IEEE 446-1995, dan untuk arus netral transformator 1 nilainya adalah 8,32 A dan 6,94 A untuk arus netral transformator 2, dan untuk nilai rugi-rugi daya pada Transformator 1 adalah 10, 61 watt dan 7,45 watt untuk transformator 2. Dan untuk efesiensi nya adalah 99,9% terhadap trafo 1 dan 99, 8% untuk trafo 2 kasimpulan Penelitian ini menunjukan bahwa meskipun ada ketidakseimbangan beban kedua transformator ini tetap beroperasi secara efisien dan aman.

Kata kunci: transformator, ketidakseimbangan beban, rugi-rugi arus netral dan *efisiensi*.

ANALYSIS OF LOAD UNBALANCE ON 60 MVA STEP UP TRANSFORMER AT PT. PLN (Persero) BATAM

Abstract

Load imbalance in the electric power distribution system often occurs due to unequal load distribution between the R, S and T phases for low voltage network users. The impact of this load imbalance is the emergence of neutral current in the transformer. The neutral current in the neutral transformer causes losses, namely power loss from the neutral current in the neutral conductor of the transformer and power loss due to the neutral current. The results of this research show that the load imbalance value on transformer 1 is 6.63% and 6.36% for transformer 2. This value is still in normal conditions according to IEEE 446-1995 standards, and for transformer 1's neutral current the value is 8.32 A. and 6.94 A for the neutral current of transformer 2, and the value of power losses in Transformer 1 is 10.61 watts and 7.45 watts for transformer 2. And the efficiency is 99.9% for transformer 1 and 99.8% for transformer 2. Conclusion This research shows that even though there is a load imbalance, these two transformers still operate efficiently and safely.

Key words: transformer, load unbalance, neutral current losses and efficiency

Kata Pengantar

Alhamdulillahirabilalamin segala puji bagi Allah SWT atas segala limpahan dan karunia sehingga saya dapat menyelesaikan proposal tugas akhir dengan judul “pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan rugi daya transformator terhadap gardu induk PT.PLN batam”. Shalawat serta Salam senantiasa kita curah Kan terhadap junjungan kita nabi Muhammad SAW beserta para sahabatnya yaumul qiyamah.

Proposal tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi penulis pada program studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.

Penulisan tugas akhir ini juga tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua ibu dan ayah yang memberi dukungan baik dari segi mental, finansial dan memberikan semangat serta DOA kepada saya untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini
2. Kepada Bapak Irwanto Zarma Putra, S.Pd. M.Eng. selaku koordinator bidang studi Rekayasa Pembangkit Energi
3. Kepada Bapak Ir.Fauzun Atabiq, S.T., M.Cs.selaku wali dosen kelas Rekayasa Pembangkit energi
4. Kepada Ibu Hasnira S,ST.,M.Tr.T. selaku coordinator magang program studi teknologi rekayasa pembangkit energy
5. Kepada Bapak Handri Toar, S.ST.,M.Tr.T. Selaku Dosen Pembimbing penulisan Laporan Tugas Akhir selama dimasa perkuliahan yang telah bersedia memberikan bimbingan serta arahan dan saran kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir
6. Kepada Bapak Ir. Jhon Hericson Purba, S,Pd.,M.Pd. selaku Dosen Penguji 1 penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah bersedia memberikan dukungan ,waktu, saran serta arahan kepada saya untuk menyelesaikan tugas akhir
7. Kepada Bapak Lalu Kaisar Wisnu Kita, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji 2 penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah bersedia memberikan dukungan ,waktu, saran serta arahan kepada saya untuk menyelesaikan tugas akhir
8. Kepada Bapak Andrias, selaku pembimbing magang di perusahaan PT. PLN Batam yang telah memberikan ilmu, motivasi dan waktu kepada penulis

9. Kepada Bapak Juanda selaku manager Perencanaan di perusahaan PT.PLN Batam yang telah memberikan ilmu, motivasi dan waktu kepada penulis
10. Kepada Bapak Sanggam selaku VP perencanaan di perusahaan PT. PLN Batam yang telah memberikan ilmu, motivasi dan waktu kepada penulis.
11. Seluruh pegawai dan staff bagian Perencanaan PT.PLN Batam yang telah mengijinkan penulis untuk melakukan penelitian dan membantu selama penelitian.
12. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga tersusunnya Laporan Tugas Akhir ini.

Batam,

Penulis

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	1
Lembar Pengesahan	2
Abstrak	3
Abstract	4
Kata Pengantar	5
Daftar Isi	7
Daftar Gambar.....	8
Daftar Tabel.....	10
BAB.1 PENDAHULUAN.....	11
1.1. Latar Belakang.....	11
1.2. Rumusan masalah.....	12
1.3. Tujuan	12
1.4. Manfaat.	12
1.5 Batasan masalah	12
Bab 2. Tinjauan Pustaka	13
2.1. Definsi Transformator	13
2.1.2 Konstruksi Transformator	14
2.2. Standar IEEE 141	14
2.3. Standar IEEE 446-1995	14
2.4. Beban Puncak	15
2.5. Pengertian Beban Tidak Seimbang.....	15
2.6. Rugi Daya Pada Transformator.....	16
2.7. Arus Netral Akibat Ketidakseimbangan Beban.....	17
Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan	18
3.1. Objek penelitian	19
3.1.1. Singe line diagram batu besar 1	20
3.1.2. Data kWh harian gardu induk batu besar	21
3.2. Pengumpulan data Rata-rata Transformator	22

3.3. Beban puncak transformator 1	23
3.5. Perhitungan Arus Netral.....	25
3.5.1 Nilai arus netral transformator 2.....	26
3.6. Rugi-rugi daya pada Transformator.....	27
3.6.1 Efisiensi trafo.....	29
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	30
4.1 Nilai Ketidakseimbangan beban transformator	30
4.1.2. Arus Netral	31
4.1.3. Rugi-rugi daya pada transformator	31
4.1.4. Efisiensi trafo.....	32
4.2. Arus rata-rata maksimal Transformator 1 dan 2	32
4.2.1. Beban Puncak trafo	33
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	34
5.1. Kesimpulan	34
5.2. Saran	35
Daftar Pustaka.....	35
Biodata	36
Lampiran	38

Daftar Gambar

Gambar 1. Transformator	14
Gambar 2. Diagram alir	18
Gambar 3. Single line diagram batu besar	20
Gambar 4. Singe line diagram batu besar 2	20
Gambar 5. Grafik rugi arus netral.....	31
Gambar 6. Grafik beban 1	33
Gambar 7. Grafik beban 2	34

Daftar Tabel

Tabel 1. Tabel 1. Spesifikasi transformator	19
Tabel 2. Kwh gardu induk 1	21
Tabel 3. Kwh harian gardu induk 2	21
Tabel 4. Nilai rata-rata transformator	22
Tabel 5. Nilai rata-rata transformator	23
Tabel 6. Beban puncak	23
Tabel 7. Beban puncak 2	24
Tabel 8. Ketidakseimbangan beban.....	24
Tabel 9. Arus netral	25
Tabel 10. Arus netral transformator.....	26
Tabel 11. Rugi-rugi daya	27
Tabel 12. rugi daya arus netral	28
Tabel 13. Hasil ketidakseimbangan beban	30
Tabel 14. Tabel hasil arus netral.....	31
Tabel 15. Hasil rugi-rugi daya transformator.....	32
Tabel 16. Hasil rata-rata transformator.....	32

BAB.1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sistem kelistrikan sangat penting bagi PT PLN Batam untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat dan bisnis. Salah satu komponen penting adalah Transformator gardu induk merupakan bagian penting dari sistem ini. Transformator ini mengubah tegangan dari sumber daya listrik untuk memenuhi kebutuhan distribusi pelanggan. Namun, ketidakseimbangan beban transformator dapat memengaruhi kinerja dan efisiensi operasionalnya secara signifikan.

Transformator banyak digunakan dalam industri tenaga listrik dan elektronika karena mereka memberikan pasokan tenaga listrik yang tepat dan hemat biaya untuk berbagai kebutuhan. Transformator digunakan untuk mengatur tegangan tinggi dalam penyaluran daya jarak jauh. Di gi batu besar terpasang 2 transformator. Transformator #1, yang disebut Trafo#1, memiliki kapasitas 60 MVA dengan tegangan 150/20 kV, dan dibuat oleh CG PAUWELS dengan nomor seri 3011130078 dan tahun pembuatan 2014. Trafo #2, yang disebut Trafo#2, juga memiliki kapasitas 60 MVA dengan tegangan 150/20 kV, tetapi dibuat oleh UNINDO dengan nomor seri P060LEC801-02 dan tahun pembuatan 2014. Kedua transformator ini digunakan untuk meningkatkan dan menurunkan tegangan jaringan distribusi kelistrikan di kawasan GI Batu Besar.

Dalam sistem distribusi, suatu transformator berusaha menjaga beban yang dilayaninya tetap seimbang. Namun, ketidakseimbangan beban sering terjadi. Ketidakseimbangan beban ini terjadi pada masing-masing fasa (R, S, dan T). Dalam kondisi ideal, fasa transformator berada dalam keadaan seimbang, sehingga arus netralnya nol. Namun, ketidakseimbangan beban menyebabkan perubahan arus pada masing-masing fasa, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kehilangan daya. Ketidakseimbangan beban yang tidak terkendali pada transformator mengakibatkan peningkatan arus yang mengalir pada fasa netral, yang mengakibatkan peningkatan rugi daya. Untuk nilai ketidakseimbangan beban terhadap rugi daya adalah 20% dan terhadap rugi-rugi daya adalah 21%. Akibatnya, ketidakseimbangan beban yang tidak terkendali Akan mengurangi efisiensi operasional dan berpotensi merusak komponennya dalam jangka panjang. Oleh karena itu, Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh dari ketidakseimbangan beban terhadap nilai rugi-rugi pada arus netral. Dari penjelasan ini Maka disusunlah tugas akhir dengan judul “Analisa ketidakseimbangan beban Pada transformator step up 60 Mva Di Gardu Induk Pt. PLN Batam”

1.2. Rumusan masalah

Rumusan masalah berikut didasarkan pada pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan rugi daya transformator gardu induk:

1. Berapa besar nilai persentase ketidakseimbangan beban pada transformator gardu induk?
2. Berapa besar nilai rugi daya yang disebabkan oleh arus netral pada transformator gardu induk?

1.3. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menghitung nilai persentase ketidakseimbangan beban pada transformator gardu induk.
2. Untuk menghitung besar nilai rugi daya yang disebabkan oleh arus netral pada transformator gardu induk

1.4. Manfaat.

1. Sebagai Pengetahuan bagi penulis mengenai Pengaruh Ketidakseimbangan beban terhadap rugi daya pada transformator.
2. Sebagai refrensi bagi mahasiswa yang akan mengerjakan tugas akhir dengan permasalahan atau topik yang serupa

1.5 Batasan masalah

Saya membatasi diskusi ini menjadi empat hal agar penelitian ini lebih jelas:

1. Pembahasan hanya membahas ketidakseimbangan beban pada transformator dalam kondisi beban tidak seimbang
2. Rugi daya yang dievaluasi adalah rugi daya yang disebabkan oleh arus yang mengalir melalui penghantar netral transformator.
3. Memeriksa data transformator yang didapat dari sistem monitoring Gardu Induk PT PLN.
4. Standar referensi yang digunakan untuk mencari rumus arus netral mengacu pada IEEE 141
5. Standar referensi yang digunakan untuk ketidakseimbangan beban adalah IEEE 446-1995

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Definsi Transformator

Transformator banyak digunakan dalam bidang tenaga listrik dan elektronika. Transformator digunakan untuk memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian ke rangkaian lain melalui induksi elektromagnetik. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan penyesuaian tegangan yang hemat biaya untuk berbagai kebutuhan, seperti kebutuhan tegangan tinggi untuk pengiriman jarak jauh.

Sebagai salah satu alasan utama penggunaan arus bolak-balik (AC) dalam pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik, penggunaan transformator yang sederhana dan tahan lama memungkinkan pemilihan tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk berbagai kebutuhan. Kerugian energi terjadi selama proses penyaluran tenaga listrik. Apabila tegangan dinaikkan, kerugian ini dapat berkurang secara signifikan. Akibatnya, saluran transmisi tenaga listrik selalu membutuhkan tegangan tinggi. Saat ini, tegangan transmisi 500 kV adalah yang paling tinggi di Indonesia, dan ini digunakan terutama untuk mengurangi kerugian energi. Tegangan listrik di pembangkit listrik dinaikkan dari tegangan generator pada awal saluran transmisi, yang biasanya berkisar antara 6 hingga 20 kV. Kemudian, di ujung saluran transmisi, tegangan tersebut diturunkan lagi ke tingkat tegangan yang lebih rendah melalui transformator. [1] Rumus rata-rata Transformator adalah sebagai berikut:

$$\frac{I_R + I_S + I_T}{3} \dots\dots\dots (1)$$

Ket:

I_R : Arus fasa R

I_S : Arus fasa S

I_T : Arus fasa T

Transformator tenaga adalah jenis transformator yang digunakan dalam jaringan tenaga listrik untuk melakukan proses ini.



Gambar 1. Transformator

2.1.2 Konstruksi Transformator

Bagian-bagian utama transformator yang digunakan dalam sistem tenaga listrik adalah sebagai berikut:

- Kumpanan atau belitan: terbuat dari kawat tembaga berisolasi dan digunakan untuk menghantarkan arus listrik antara sisi primer dan sekunder.
- Inti besi: terbuat dari lempengan besi lunak atau silikon yang disusun sedemikian rupa untuk membentuk inti.
- Sistem Pendingin: Sistem pendingin sangat penting untuk transformator, terutama yang memiliki kapasitas daya yang tinggi.
- Bushing adalah komponen yang menghubungkan rangkaian dalam transformator dengan rangkaian luarnya. Ini termasuk komponen seperti belitan primer dan sekunder.
- Tangki, juga dikenal sebagai tangki transformator, terbuat dari lembaran logam dan berfungsi sebagai rumah bagi komponen-komponen internal transformator

2.2. Standar IEEE 141

Standar IEEE 141 digunakan untuk memperkirakan nilai arus netral pada sistem tiga fasa. Ketidakseimbangan beban dalam sistem tiga fasa berhubungan langsung dengan arus netral, yang mana arus netral meningkat jika beban tidak seimbang.

Rumus mencari nilai arus netral berdasarkan standar IEEE 141:

$$I_N = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R I_S - I_S I_T - I_T I_R} \dots\dots\dots (2)$$

2.3. Standar IEEE 446-1995

Standar untuk ketidakseimbangan beban yang diatur dalam standar IEEE 446-1995 sebesar 5% - 20% [11]

2.4. Beban Puncak

Beban puncak dalam sistem kelistrikan adalah kondisi saat permintaan energi listrik mencapai titik tertinggi dalam periode waktu tertentu. Ini biasanya terjadi pada waktu tertentu dalam sehari atau musim tertentu. Misalnya, saat aktivitas industri dan rumah tangga meningkat pada siang hari, penggunaan energi meningkat. Sebaliknya, saat musim panas, penggunaan energi dapat meningkat karena penggunaan pendingin udara meningkat. Selama periode beban puncak, sistem kelistrikan menghadapi banyak masalah. Ini termasuk meningkatkan kapasitas pembangkit dan distribusi listrik untuk memastikan pasokan yang cukup dan stabil. Saat beban puncak terjadi, kapasitas pembangkit sering kali melebihi permintaan, yang dapat menyebabkan masalah seperti pemadaman listrik jika tidak ada cadangan yang cukup. Penting untuk pengelola sistem kelistrikan untuk menyiapkan infrastruktur dan strategi manajemen beban untuk menghadapi puncak beban ini. Contohnya termasuk membangun pembangkit cadangan, menggunakan teknologi smart grid untuk manajemen yang lebih efisien, atau mengatur tarif daya pada waktu puncak untuk mendorong pelanggan untuk mengurangi jumlah energi yang mereka gunakan pada jam-jam tertentu. Perencanaan dan pengelolaan beban puncak sangat penting untuk menjamin pasokan listrik yang handal, mengurangi risiko kerusakan infrastruktur, dan meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan secara keseluruhan.

2.5. Pengertian Beban Tidak Seimbang

Ketidakseimbangan beban adalah ketika distribusi arus pada setiap fasa sistem kelistrikan tiga fasa tidak merata. Dalam sistem tiga fasa ideal, setiap fasa seharusnya menerima beban yang sama, yang menghasilkan arus yang seimbang dan memastikan sistem stabil. Namun, berbagai faktor, seperti perbedaan jenis beban, perubahan beban yang tidak teratur, ketidakseimbangan beban dapat sangat membahayakan sistem kelistrikan. Salah satunya adalah peningkatan arus netral, yang dapat memanaskan kabel dan peralatan listrik lainnya. Ketidakseimbangan ini juga dapat mengurangi efisiensi sistem, mengurangi daya, dan merusak peralatan listrik jika dibiarkan terlalu lama. Namun demikian ketidakseimbangan yang parah juga dapat meningkatkan kemungkinan gangguan listrik atau pemadaman. Ketidakseimbangan beban sering terjadi pada sistem industri karena pengoperasian mesin atau peralatan yang tidak teratur atau berubah-ubah; penyebab lain termasuk perbedaan kapasitas beban pada tiap fasa; atau bahkan faktor lingkungan yang mengganggu distribusi daya, seperti suhu dan kelembaban. Untuk mengurangi ketidakseimbangan beban, pengelola sistem kelistrikan harus memantau distribusi beban pada setiap fasa secara teratur.

Perangkat seperti transformator fasa dan perangkat keseimbangan beban juga dapat membantu mengurangi efeknya. Selain itu, teknologi smart grid yang dapat mengatur aliran daya secara dinamis juga dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketidakseimbangan beban. Berdasarkan standar untuk ketidakseimbangan beban yang diatur dalam standar IEEE 446-1995 sebesar 5% - 20%. [11] Persentase pembebanan ketika tidak seimbang dapat ditunjukkan dengan koefisien a, b, c yang dimana koefisien tersebut membutuhkan arus pada fasa dan arus rata – rata [4]. Maka arus rata – rata diperoleh dengan persamaan:

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \dots\dots\dots (3)$$

Untuk koefisien a, b dan c dapat dijabarkan dalam bentuk seperti di bawah ini:

$$A = \frac{I_R}{I_{Rata-rata}} \dots\dots\dots (4)$$

$$B = \frac{I_S}{I_{Rata-rata}} \dots\dots\dots (5)$$

$$C = \frac{I_T}{I_{Rata-rata}} \dots\dots\dots (6)$$

Rumus Persentase Kediakseimbangan Beban adalah

$$\% = \frac{(r-1) + (s-1) + (t-1)}{I_{Rata-rata}} \times 100 \% \dots\dots\dots (7)$$

2.6. Rugi Daya Pada Transformator

Energi listrik yang dimasukkan ke transformator tidak Sama dengan energi listrik yang dikeluarkan dari trafo tersebut, Hal ini Disebabkan oleh rugi-rugi daya yang terjadi selama proses transmisi, yang hilang saat arus melewati transformator, rugi-rugi daya ini Sama dengan energi listrik yang dikeluarkan dari transformator. Rugi-rugi daya dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik seringkali cukup besar, terutama karena rugi-rugi pada saluran dan transformator yang digunakan. Kedua jenis kerugian daya ini berdampak besar pada kualitas daya dan tegangan yang diterima konsumen. Rumus rugi-rugi daya pada transformator adalah sebagai berikut: [5]

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots\dots\dots (8)$$

Ket:

P_N = Ketidakseimbangan daya pada system 3 fasa

I_N = Arus Netral

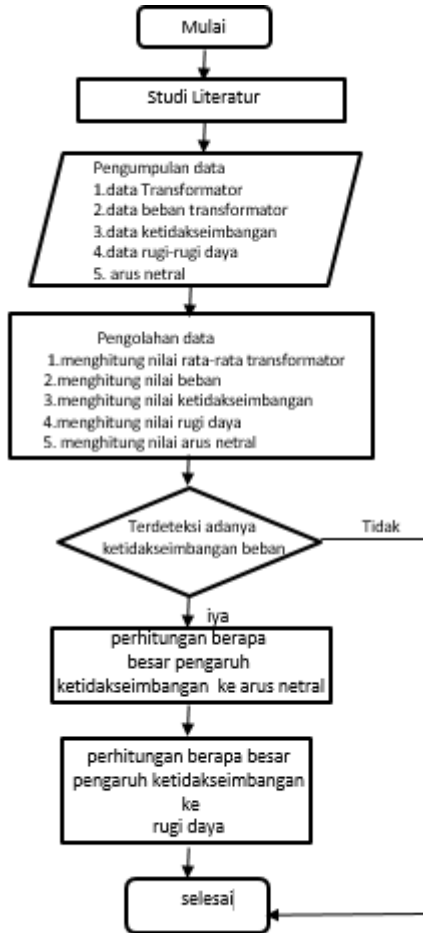
R = Hambatan atau resistansi beban

2.7. Arus Netral Akibat Ketidakseimbangan Beban

Arus Netral dalam sistem distribusi tenaga listrik mengacu pada arus yang mengalir pada kabel netral dalam sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa. Arus netral ini muncul ketika kondisi beban tidak seimbang. Dalam sistem tiga fasa yang seimbang, di mana beban pada setiap fasa Sama, arus netral cenderung nol karena arus pada setiap fase memiliki sudut fasa yang Sama. Ketidakseimbangan beban pada sistem distribusi tenaga listrik mengakibatkan timbulnya arus netral yang dapat menyebabkan rugi-rugi daya. Sesuai dengan standar IEEE 141 rumus untyuk mencari arus netral adalah:

$$I_N = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R I_S - I_S I_T - I_T I_R} \dots \dots \dots (9)$$

Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan



Gambar 2. Diagram alir

Gambar 2 dalam penyelesaian penelitian ini terdiri dari beberapa langkah kerja yaitu:

1. Penelitian dimulai dari studi literature
2. Pengambilan data rugi-rugi daya ,ketidakseimbangan beban, beban puncak, dan arus netral
3. Pengolahan data ketidakseimbangan, beban puncak, rugi-rugi daya serta arus netral
4. Analisa data yang diambil sesuai dengan standar IEEE 446-1995 sebagai acuan tindakan yang akan dilakukan
5. Jika data sesuai dengan standar yang digunakan, selanjutnya analisa ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan rugi-rugi daya
6. Jika terjadi ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan rugi daya maka gunakan metode regresi untuk menghitungnya
7. Kesimpulan

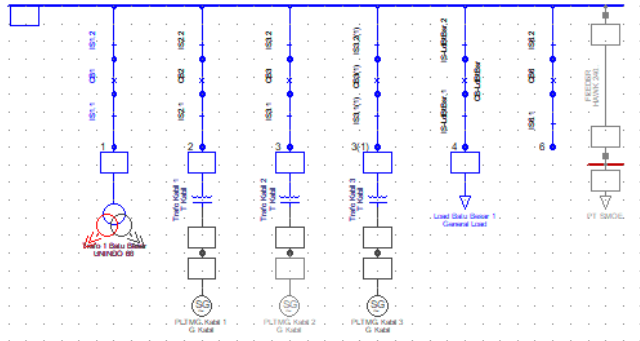
3.1. Objek penelitian

Tabel 1. Tabel 1. Spesifikasi transformator

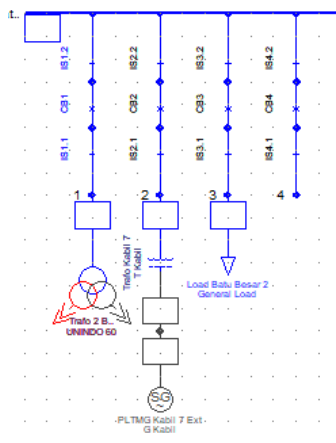
Trafo	kapasitas	Tegangan	merk	No. seri	Tahun pembuatan
Trafo#1 GI Batu Besar	60 MVA	150/20	CG PAUWELS	3011130078	2014
Trafo #2 GI Batu Besar	60 MVA	150/20	UNINDO	P060LEC801-02	2015

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dua transformator yang terpasang di GI Batu Besar. Transformator #1, yang disebut Trafo#1, memiliki kapasitas 60 MVA dengan tegangan 150/20 kV, dan dibuat oleh CG PAUWELS dengan nomor seri 3011130078 dan tahun pembuatan 2014. Trafo #2, yang disebut Trafo#2, juga memiliki kapasitas 60 MVA dengan tegangan 150/20 kV, tetapi dibuat oleh UNINDO dengan nomor seri P060LEC801-02 dan tahun pembuatan 2014. Kedua transformator ini digunakan untuk meningkatkan dan menurunkan tegangan jaringan distribusi kelistrikan di kawasan GI Batu Besar.

3.1.1. Single line diagram batu besar 1



Gambar 3. Single line diagram batu besar



Gambar 4. Single line diagram batu besar 2

Gambar diatas merupakan single line diagram untuk transformator gardu induk batu besar 1 dan batu besar 2.

3.1.2. Data kWh harian gardu induk batu besar

Tabel 2. Kwh gardu induk 1

No.	TIME	R (A)	S (A)	T (A)
1	20/10/2024 0:30	40,37951279	44,37419891	46,58943176
2	21/10/2024 1:00	41,11459351	45,09114075	46,99877548
3	22/10/2024 1:30	39,6506691	43,70650482	45,68669891
4	23/10/2024 2:00	39,07112122	43,05659485	45,09893417
5	24/10/2024 2:30	37,42856598	41,43097305	43,79117966
6	25/10/2024 3:00	35,13163376	38,83091354	41,75592804
7	26/10/2024 3:30	36,42167282	40,0905571	43,19788742
8	27/10/2024 4:00	38,61975861	42,57171631	45,28904724
9	28/10/2024 4:30	35,80790329	39,91978836	43,45226669
10	29/10/2024 5:00	37,82997513	41,60166931	45,01787186
11	30/10/2024 5:30	35,59653473	39,72854233	43,90951157
12	31/10/2024 6:00	35,94912338	40,04995346	44,12917328

Tabel 3. Kwh harian gardu induk 2

No.	TIME	IA (A)	IB (A)	IC (A)
1	20/10/2024 0:30	41	44	48
2	21/10/2024 1:00	43	45	49
3	22/10/2024 1:30	42	44	48
4	23/10/2024 2:00	42	43	48
5	24/10/2024 2:30	47	49	53
6	25/10/2024 3:00	48	49	53
7	26/10/2024 3:30	46	48	52
8	27/10/2024 4:00	46	48	52
9	28/10/2024 4:30	46	47	52
10	29/10/2024 5:00	42	43	48
11	30/10/2024 05:30:00	41	42	47
12	31/10/2023 6:00	40	41	46

Tabel diatas merupakan data kwh harian dari tanggal 20-31 oktober untuk gardu induk batu besar 1 dan 2.

3.2. Pengumpulan data Rata-rata Transformator

Tabel 4. Nilai rata-rata transformator

Transformator 1	I_R	I_S		I_T
Maximal	38,39	43,02		47,08
Minimal	38,33	42,38		47,35

Dari data tabel 2 diatas Akan dihitung menggunakan Rumus pada persamaan 1:

1. Nilai rata-rata transformator maximal

$$\begin{aligned}
 &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \\
 &= \frac{38,39 + 43,02 + 47,08}{3} \\
 &= \frac{128,49}{3} \\
 &= 42,83 \text{ A}
 \end{aligned}$$

2. Nilai rata-rata transformator minimal

$$\begin{aligned}
 &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3 \times I_{fl}} \\
 &= \frac{38,33 + 42,38 + 47,35}{3} \\
 &= \frac{128,06}{3} \\
 &= 42,68 \text{ A}
 \end{aligned}$$

3. Nilai rata rata Transformator 2

Tabel 5. Nilai rata-rata transformator

Transformator 2	I_R	I_S	I_T
Maximal	39	41	46
Minimal	38	40	46

Dari tabel 3 diatas untuk mencari nilai rata-rata transformator menggunakan persamaan 1

$$\begin{aligned} &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \\ &= \frac{39 + 41 + 46}{3} \\ &= \frac{126}{3} \\ &= 42 \text{ A} \end{aligned}$$

4. Mencari rata-rata transformator minimal 2

$$\begin{aligned} &= \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \\ &= \frac{38 + 40 + 46}{3} \\ &= \frac{124}{3} \\ &= 41,3 \text{ A} \end{aligned}$$

3.3. Beban puncak transformator 1

Tabel 6. Beban puncak

Tanggal dan jam	Transformator 1
25/10/2024 8.30	34, 24 Watt
26/10/2024 7.00	48, 85 Watt
27/10/2024 7.00	25, 78 Watt
28/10/2024 7.00	32, 37 Watt
29/10/2024 5.30	35, 72 Watt
30/10/2024 21 .00	71, 47 Watt

B.

Tabel 7. Beban puncak 2

Tanggal dan jam	Transformator 2
25/10/2024 8.30	29, 76 Watt
26/10/2024 7.00	44, 33 Watt
27/10/2024 7.00	21, 64 Watt
28/10/2024 16.30	32, 84 Watt
29/10/2024 5.30	32, 35 Watt
30/10/2024 21.00	68, 79 Watt

3.4. Ketidakseimbangan beban

Tabel 8. Ketidakseimbangan beban

Transformator	I_R	I_S	I_T
1	38, 39A	43, 02 A	47, 08 A
2	39 A	41 A	46 A

Pada tabel 6 untuk menghitung nilai ketidakseimbangan beban menggunakan persamaan [3]

$$a. = I_{rata-rata} = \frac{38,39+43,02+47,08}{3} = 42,83 \text{ A}$$

b. Mencari koefisien dari fasa R, S, T menggunakan persamaan [3],[4],[5]

$$I_R = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{38,39}{42} = 0,896$$

$$I_S = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{43,02}{42} = 1,004$$

$$I_T = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{47,08}{42} = 1,099$$

C. mencari nilai persentase ketidakseimbangan beban

$$\% = \frac{(0,896-1)+(1,004-1)-(1,099-1)}{3} \times 100\%$$

$$=6,63\%$$

B. Nilai ketidakseimbangan beban transformator 2

$$a. = I_{rata-rata} = \frac{39+41+46}{3} = 42 \text{ A}$$

b. Mencari koefisien dari fasa R, S, T menggunakan persamaan [3],[4],[5]

$$I_R = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{39}{42} = 0,928$$

$$I_S = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{41}{42} = 0,976$$

$$I_T = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{46}{42} = 1,095$$

C. mencari nilai persentase ketidakseimbangan beban

$$\% = \frac{(0,928-1)+(0,976-1)-(1,095-1)}{3} \times 100\% \\ = 6,36\%$$

3.5. Perhitungan Arus Netral

Tabel 9. Arus netral

Transformator 1	I_R	I_S	I_T
Maximal	35,29	38,41	44,39
Minimal	35,3	38,42	44,38

Pada tabel 9 untuk mencari arus netral menggunakan rumus persamaan [9]

A. Mencari nilai arus netral maksimal transformator 1

$$I_N = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R I_S - I_S I_T - I_T I_R}$$

=

$$\sqrt{35,29^2 + 38,41^2 + 44,38^2 - (35,29 \times 38,41) - (38,41 - 44,38) - (44,38 - 35,29)} \\ = \sqrt{1245 + 1475 + 1978 - 1356 - 1707 - 1565}$$

$$= 4698 - 4629$$

$$I_N = \sqrt{69.2676}$$

$$I_N = 8.32 \text{ A}$$

B. Mencari nilai transformator minimal

$$I_N = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R I_S - I_S I_T - I_T I_R}$$

$$=$$

$$\sqrt{35,3^2 + 38,42^2 + 44,38^2 - (35,3 \times 38,42) - (38,42 - 44,38) - (35,3 \times 44,38)}$$

$$= \sqrt{1245 + 1474 + 1978 - (1355 - 1707 - 1565)}$$

$$= 4697,50 - 4628,09$$

$$I_N = \sqrt{69,41}$$

$$I_N = 8,33 \text{ A}$$

3.5.1 Nilai arus netral transformator 2

Tabel 10. Arus netral transformator

Transformator 2	I_R	I_S	I_T
maximal	48, 41	51	54, 71
minimal	36, 77	37, 93	44, 26

Pada tabel 10 untuk mencari arus netral menggunakan rumus persamaan [9]

1. Mencari nilai Transformator maximal 2

$$I_N = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R I_S - I_S I_T - I_T I_R}$$

$$= \sqrt{48,41^2 + 51^2 + 54,71^2 - (48,41 \times 51) - (51 - 54,71) - (48,41 \times 54,71)}$$

$$= \sqrt{2349 + 2601 + 2992 - (2467) - (2780) - 2645}$$

$$= 7942,24 - 7894,08$$

$$I_N = \sqrt{48,16}$$

$$I_N = 6,94 \text{ A}$$

2. Mencari nilai minimal Transformator 2

$$I_N = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - I_R I_S - I_S I_T - I_T I_R}$$

$$= \sqrt{36,77^2 + 37,93^2 + 44,26^2 - (36,77 \times 37,93) - (37,93 - 44,26) - (36,77 \times 44,26)}$$

$$= \sqrt{\frac{3677^2}{100} + \frac{3793^2}{100} + \frac{2213^2}{50} - 4700,9081}$$

$$= 6,98 \text{ A}$$

3.6. Rugi-rugi daya pada Transformator

Tabel 11. Rugi-rugi daya

Transformator	I_N	I_N
Transformator 1	8, 32	8, 33
Transformator 2	6, 94	6, 98

Pada tabel 11 untuk menghitung nilai rugi-rugi daya menggunakan rumus persamaan [8]

Keterangan:

- Tahanan netral $R_N = 0,153 \Omega$
- Daya total $P_{Total} = 23613 \text{ W}$
- Nilai arus netral (I_N)

A. Rugi daya transformator max 1

$$P_N = (8, 32)^2 \times 0, 153 = 69, 39 \text{ W} = 0, 010 \text{ Kw}$$

B. Rugi daya minimal transformator 1

$$P_N = (8, 33)^2 \times 0, 153 = 69, 39 \text{ W} = 0, 010 \text{ Kw}$$

C. Rugi daya transformator max 2

$$P_N = (6, 94)^2 \times 0, 153 = 48, 16 \text{ W} = 0, 007 \text{ Kw}$$

D. Rugi daya minimal trafo 2

$$P_N = (6, 98)^2 \times 0, 153 = 48, 68 \text{ W} = 0, 007 \text{ Kw}$$

Setelah didapatkan rugi-rugi daya yang disebabkan adanya arus netral maka untuk mencari besar presentasi rugi-rugi daya yang disebabkan oleh adanya arus netral dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P = s \times \text{chos } \phi$$

$$P = 60.000 \times 0, 98$$

$$P=58,8 \text{ watt}$$

Sehingga di dapatkan persentase rugi-rugi daya yang disebabkan oleh adanya arus netral pada transformator maximal sebagai berikut:

$$P_n = \frac{PN}{P} \times 100\%$$

$$P_n = \frac{10,61}{58,8} \times 100\%$$

$$P_n = 0,18\%$$

1. Kondisi minimal

$$P_n = \frac{PN}{P} \times 100\%$$

$$P_n = \frac{10,61}{58,8} \times 100\%$$

$$P_n = 0,18\%$$

Setelah itu mencari persentase rugi-rugi daya yang disebabkan oleh adanya arus netral pada transformator 2 maximal berikut ini

$$P_n = \frac{PN}{P} \times 100\%$$

$$P_n = \frac{7,37}{58,8} \times 100\%$$

$$P_n = 0,12\%$$

2. Kondisi minimal transformator 2

$$P_n = \frac{PN}{P} \times 100\%$$

$$P_n = \frac{7,45}{58,8} \times 100\%$$

$$P_n = 0,12\%$$

Tabel 12. Rugi daya arus netral

transformator	R	S	T	I _{Rata-rata}	Persentase
maximal	38,39	43,02	47,08	42,83	0,18%
minimal	38,33	42,38	47,35	42,83	0,18%
Maximal	39	41	46	42	0,12%
Minimal	38	40	46	42	0,12%

Dari table 12 dapat dilihat jika nilai persentase rugi daya terhadap arus netral ialah pada trafo1 0,18% dan untuk trafo 2 0,12% dari nilai ini dapat dikatakan bahwa antara trafo 1 dan 2 nilai rugi daya terhadap arus netralnya tidak lah terlalu jauh.

3.6.1 Efisiensi trafo

Agar dapat mengetahui berapa besar *persentase efisiensi* pada Transformator dapat menggunakan rumus

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \text{Rugi-rugi}} \times 100\%$$

Berdasarkan perhitungan arus dan tegangan pada trafo 1 maka besar daya aktif adalah

$$158,657,37 \text{ watt}$$

Setelah dilakukan perhitungan daya aktif maka besar nilai *efisiensi transformator* sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \text{Rugi-rugi}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{158,657,37}{158,657,37 + \sum \text{Rugi-rugi}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{158,657,37}{158,657,37 + \sum 10,61} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{158,657,37}{158,668,98} \times 100\%$$

$$\eta = 99,9\%$$

Berdasarkan perhitungan arus dan tegangan pada trafo 2 maka daya aktif adalah

$$371,292$$

Setelah mendapatkan daya aktif maka besar nilai efisiensi transformator 2 sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \text{Rugi-rugi}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{371,292}{371,292 + \sum \text{Rugi-rugi}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{371,292}{371,292 + \sum 7,45} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{371,292}{371,299,45} \times 100\%$$

$$\eta = 99,8 \%$$

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Nilai Ketidakseimbangan beban transformator

Tabel 13. Hasil ketidakseimbangan beban

Transformator	I _{rata-rata}	I _R	I _S	I _T	Persentase
1	42,83 A	0,896	1,004	1,099	6,63%
2	42 A	0,928	0,976	1,095	6,36%

Tabel diatas adalah hasil perhitungan ketidakseimbangan beban terhadap transformator. Untuk hasil transformator 1 Sebagaimana diketahui standar dari ketidakseimbangan beban diatur dalam standar IEEE 446 - 1995 sebesar 5% - 20%. Dengan begitu, transformator 1 memiliki hasil 6,63% artinya sesuai dengan standar karena tidak melebihi 20%. Dan untuk Transformator 2 Sebagaimana diketahui standar dari ketidakseimbangan beban diatur dalam standar IEEE 446 - 1995 sebesar 5% - 20%. Dengan begitu, transformator 2 memiliki 6,36% yang artinya sesuai dengan standar yang digunakan karena tidak melebihi 20%

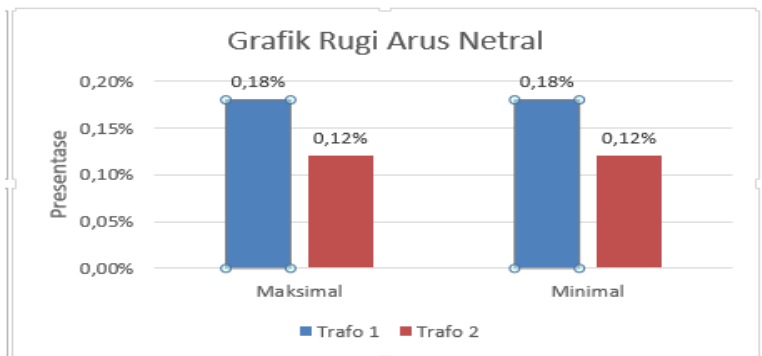
4.1.2. Arus Netral

Tabel 14. Tabel hasil arus netral

Transformator	Arus netral Trafo 1	Arus netral Trafo 2
Maximal	8, 32 A	6, 94 A
Minimal	8, 33A	6, 98 A

Transformator 1 menunjukkan stabilitas arus netral yang sangat baik dengan fluktuasi kecil ini mungkin menunjukkan desain yang lebih efisien atau beban yang lebih seimbang. Transformator 2 memiliki arus netral yang sedikit lebih rendah daripada Transformator 1, tetapi perbedaan fluktuasi antara kondisi maksimal dan minimal sedikit lebih besar, mungkin karena perubahan beban atau ketidakseimbangan yang lebih besar dalam sistem. Kedua transformator memiliki arus netral yang cukup stabil, meskipun Transformator 1 menunjukkan sedikit keunggulan dalam hal kestabilan arus.

4.1.3. Rugi-rugi daya pada transformator



Gambar 5. Grafik rugi arus netral

Dari hasil pengolahan data yang dilakukan pada transformator 1 dan 2 dapat dilihat pada tabel dan gambar grafik. Hasil perhitungan nilai persentase pembebanan pada trafo 1 yaitu sebesar 0.18% dan trafo 2 0.12% masih dibawah 5%, artinya pada hasil pengolahan data nilai persentase pembebanan trafo 1 dan 2 pengukuran yaitu pada trafo 1 dan 2 tidak mengalami beban berlebih, karena nilai

persentase pembebanan trafo masih dibawah 5%. Jika merujuk pada standar IEEE 446-1995 bahwa persentase pembebanan dibawah 5%-20% masih dalam kondisi aman.

4.1.4. Efisiensi trafo

Tabel 15. Hasil rugi-rugi daya transformator

Transformator	P_N	P_N	η
1	10,61 watt	10, 61 watt	99, 9 %
2	7, 37 watt	7,45 watt	99,8 %

Pada tabel diatas merupakan hasil perhitungan untuk rugi-rugi daya pada transformator. Nilai rugi daya pada Transformator 1 adalah 10,61watt menunjukkan bahwa rugi daya pada transformator 1 memiliki daya yang lebih besar dan efisiensi yang rendah, sehingga menghasilkan lebih banyak rugi daya. Pada Transformator 2 nilai rugi dayanya 7, 45 watt menunjukkan bahwa transformator bekerja dengan daya yang lebih kecil dan efisiensi lebih kecil, sehingga menghasilkan rugi daya yang lebih kecil daripada transformator 1.dan untuk efesinsi trafo Diketahui bahwa semakin tinggi tingkat efisiensi suatu peralatan maka semakin handal pula peralatan tersebut. Transformator juga memiliki *efisiensi*, *bagus* atau tidak nya *efisiensi* pada transformator dapat mempengaruhi kerja dari transformator tersebut dikarenakan jika transformator memiliki nilai *efisiensi* yang rendah maka menimbulkan kerugian baik dari operasional dan kehandalan transformator tersebut. Jika dilihat dari hasil ditemukan bahwa nilai *efisiensi* transformator pada transformator 1 sebesar 99.9% dan untuk transformator 2 sebesar 99, 8%. Dari hasil perhitungan *efisiensi* dapat dilihat bahwa kondisi *transformator 1* masih dalam kondisi baik, akan tetapi dalam hal kondisi baik ini *efisiensi* transformator 2 mulai mengalami penurunan meskipun penurunannya tidak lah terlalu besar dikarenakan adanya rugi-rugi daya. Dapat disimpulkan bahwa transformator 1 dan 2 *efisiensi* masih dalam kondisi baik karena berada di angka 99 % tetapi seiring dengan adanya rugi-rugi daya maka dapat menimbulkan penurunan *efisiensi* apabila tidak dikontrol secara berkala.

4.2. Arus rata-rata maksimal Transformator 1 dan 2

Tabel 16. Hasil rata-rata transformator

nilai	Arus rata – rata transformator 1	Arus rata-rata transformator 2
maksimal	42, 83 A	42 A
minimal	42, 68 A	41, 3 A

Tabel diatas adalah hasil rata-rata transformator setelah dihitung. Transformator 1 memiliki arus yang sedikit lebih besar pada kedua kondisi (maksimal dan minimal). Ini dapat menunjukkan bahwa transformator 1 dapat beroperasi dengan beban yang lebih besar atau dirancang untuk menanggapi beban yang lebih besar. Transformator 2 memiliki arus yang sedikit lebih rendah antara kondisi maksimal dan minimal, yang dapat menunjukkan bahwa beban pada transformator 2 lebih dipengaruhi oleh beban. Kedua transformator beroperasi pada level arus yang hampir Sama, tetapi transformator 1 sedikit lebih stabil dalam penggunaan arus baik dalam kondisi maksimal maupun minimal.

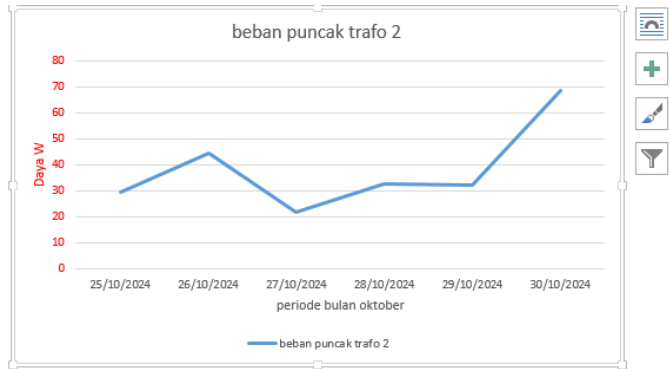
4.2.1. Beban Puncak trafo



Gambar 6. Grafik beban 1

Dapat dilihat pada gambar grafik beban puncak 1, selama pengumpulan data beban puncak terendah nya terjadi pada tanggal 27 oktober jam 07.000 tercatat sebesar 25, 78 Watt, dan beban puncak tertinggi nya terjadi pada tanggal 30 oktober 2024 sebesar 71,47 watt .dari nilai beban puncak diatas menunjukkan bahwa beban puncak sering terjadi saat kebutuhan listrik mencapai puncaknya seperti pada beban puncak terendah terjadi pada pagi hari dan tertinggi terjadi pada malam hari ,dari analisa ini pembangkit listrik harus dapat menyediakan daya yang cukup untuk mengatasi beban puncak tanpa resiko kekurangan daya . Ini menunjukkan bahwa

arus pada setiap fasa tidak merata transformator 1 menunjukkan pola umum dalam sistem kelistrikan, di mana beban dapat meningkat atau menurun.



Gambar 7. Grafik beban 2

Dapat dilihat pada gambar grafik beban puncak 2, selama pengumpulan data beban puncak terendah nya terjadi pada tanggal 27 oktober jam 8.30 tercatat sebesar 21,64 Watt Watt dan beban puncak tertinggi nya terjadi pada tanggal 30 oktober 2024 sebesar 68,79 watt .dari nilai beban puncak diatas menunjukkan bahwa beban puncak sering terjadi saat kebutuhan listrik mencapai puncaknya seperti pada beban puncak terendah terjadi pada pagi hari dan tertinggi terjadi pada malam hari ,dari analisa ini pembangkit listrik harus dapat menyediakan daya yang cukup untuk mengatasi beban puncak tanpa resiko kekurangan daya . Ini menunjukkan bahwa arus pada setiap fasa tidak merata transformator 2 menunjukkan pola umum dalam sistem kelistrikan, di mana beban dapat meningkat atau menurun .

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

1. Hasil pengolahan data nilai persentase ketidakseimbangan beban pada trafo *step up* di gardu induk pada transformator 1 adalah 6,63% dan 6,36% untuk transformator 2. Nilai ini masih dalam kondisi normal menurut dengan standart IEEE 446-1995

2. Semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka akan semakin besar pula persentase rugi daya akibat arus netral, atau pun sebaliknya semakin kecil persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil juga persentase rugi daya akibat arus netral.
3. untuk arus netral transformator 1 nilainya adalah 8,32 A dan 6,94 A untuk arus netral transformator 2, dan untuk nilai rugi-rugi daya pada Transformator 1 adalah 10, 61 watt dan 7,45 watt untuk transformator 2

5.2. Saran

1. Memantau ketidakseimbangan beban: Ketidakseimbangan beban pada kedua transformator harus dipantau secara teratur untuk memastikan bahwa ketidakseimbangan tetap dalam kisaran yang aman. Ketidakseimbangan beban dapat dikendalikan dengan mendistribusikan beban lebih merata pada fasa-fasa yang ada.
2. Di karenakan penelitian ini masih menganalisis dan melakukan perhitungan secara manual bagi yang ingin meneruskan penelitian ini penulis berharap dilakukan nya perhitungan dan analisis data pada ketidakseimbangan beban pada trafo, rugi-rugi daya pada trafo dan efisiensi pada trafo hendaknya dibantu oleh perhitungan dan analisis menggunakan software seperti Electrical Transient and Analysis Program (ETAP), dll. Agar menghasilkan perbandingan data yang lebih lengkap.

Daftar Pustaka

- [1] Muhammad Rifaat(2014) “Analisis Transformator 3 fasa 150/20 KV pada Gardu Induk Ungaran PLN Distribusi Semarang”
- [2] Irwan Nas. (2017). Analisis Skripsi Pembebanan Transformator Distribusi pada PT PLN (Persero) Rayon Jeneponto

- [3] IWS Yasa, A Wirajaya, IN Adrama - **JOURNAL OF ELECTRICAL AND ...**, 2024 - ojs.uma.ac.id
- [4] Ahmad Eko, (2018). Analisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap efisiensi transformator distribusi di PT.PLN (persero) Rayon Palur Karanganyar.
- [5] Zulfadli Pelawi, (2018). Analisis rugi-rugi daya pada penghantar netral jaringan distribusi sekunder akibat ketidakseimbangan beban
- [6] H Elnizar, H Gusmedji, O Zebua - Electrician: **Jurnal** Rekayasa ..., 2021 - electrician.unila.ac.id
- [7] A Anca, B Bakhtiar, L Ruslan - **Jurnal** Teknologi Elekterika, 2019 - **jurnal**.poliupg.ac.ided. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15-64.
- [8] AEY Saputro, ST Agus Supardi - 2018 - eprints.ums.ac.id
- [9] GS Wicaksono, T Wrahatnolo - Jambura Journal of Electrical and ..., 2023 - ejurnal.ung.ac.id
- [10] A Azis, N Nurdiana... - **Jurnal** Ampere, 2018 - **jurnal**.univpgri-palembang.ac.id
- [11] IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Comm

Biodata



Nama	: Dinda Aisha Sri Wahyuni
TTL	: Ngenang, 19-10-2002
Agama	: Islam
Alamat	: Kampung Melayu Batu Besar Nongsa
Email	: dindaaishasriwahyuni@gmail.com
Riwayat Pendidikan	: SMA/SMK : SMK N 4 TANJUNG PINANG SMP : SMP N 23 BATAM

Lampiran