

**SKRIPSI**

**ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRAFODISTRIBUSI DI PT. PLN**

**(PERSERO) UP3 WATAMPONE**



2022

**SKRIPSI**

**ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRAFO DISTRIBUSI DI PT. PLN  
(PERSERO) UP3 WATAMPONE**



*Dianjukan Untuk Memenuhi Salah satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

*Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik*

*Universitas Muhammadiyah Makassar*

DISUSUN OLEH:

ANDI FAJARUDDIN

SUTRI HASRIONO

105 82 11139 16

105 82 11071 16

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022

27/05/2022

100  
Sub. Alumnus

R/0034/ELT/2200

FAJ

a'

**ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRAFIK DISTRIBUSI DI PT. PLN  
(PERSERO) UP3 WATAMPONE**

**Skripsi**

*Dianjurkan Untuk Memenuhi Salah satu Syarat Untuk*

*Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

*Program Studi Teknik Elektro*

*Jurusan Teknik Elektro*

*Fakultas Teknik*

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI FAJARUDDIN

SUTRI HASRIONO

105 82 41139 16

105 82 11071 16

PADA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRAFODISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) UP3 WATAMPONE**

Nama : 1. Andi Fajaruddin

2. Sutri Hasriono

Stambuk : 1. 105 82 11139 16

2. 105 82 11071 16

Makassar, 13 April 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T.,M.T.

Suryani, S.T.,M.T.

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Adriani, S.T., M.T.

NBM: 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Andi Fajaruddin** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11139 16 dan **Sutri Hasriono** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11071 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0004/SK-Y/20201/091004/2022, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 26 Februari 2022.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

12 Ramadhan 1443 H

13 April 2022 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

b. Sekertaris : Rahmania, S.T.,M.T

3. Anggota

1. Ir. Abdul Hafid, M.T

2. Andi Fajaruddin, S.T.,M.T

3. Dr. Hj. Rossy Timur Wahyuningsih, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T.,M.T

Suryani, S.T.,M.T

Dekan



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.,IPM

EKA NBM : 795 108

## KATA PENGANTAR

*Bismillahi rahmani rahim.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal ini dengan sebaik mungkin. Selawat dan salam semoga senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan para pengikutnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus ditempuh dalam rangka penyelesaian program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Adapun judul proposal kami adalah: **“ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRAFIK DISTRIBUSI PT. PLN ( PERSERO ) UP3 WATAMPONE”**

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini mendapat banyak bantuan, bimbingan, saran-saran dari berbagai pihak, sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Adriani, S.T., M.T Selaku Ketua Prodi Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak Dr. Ir. Antarissubhi, S.T., M.T selaku Pembimbing I dan Ibu Suryani, S.T., M.T selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
5. Bapak/Ibu Dosen serta Staf Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Ayah dan ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
7. Saudara-saudaraku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhususnya angkatan 2016 dan se lembaga Fakultas Teknik yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Akhirnya penulis harap semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca umumnya.

Makassar, 26 November 2021

Penulis

# ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TRAF0 DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) UP3 WATAMPONE

Andi Fajaruddin<sup>1</sup>, Sutri Hasriono<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas  
Muhammadiyah Makassar

E-Mail: [Andhy.fajar97@mail.com](mailto:Andhy.fajar97@mail.com)<sup>1</sup>, [sutrihasriono2030@gmail.com](mailto:sutrihasriono2030@gmail.com)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Abstrak: Andi Fajaruddin 105 82 11139 16, Sutri Hasriono 105 82 1107 16 : Analisis yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa trafo yang ada di UP3 Watampone dalam keadaan tidak seimbang. Hal ini dapat diketahui berdasarkan hasil pengukuran arus pada masing-masing fasa, dimana seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa jika arus yang mengalir di masing-masing fasa berbeda maka beban dalam keadaan tidak seimbang. Dari analisis yang dilakukan didapatkan hasil menunjukkan bahwa arus yang mengalir di fasa R, S dan T berbeda baik itu siang hari dan malam hari. Berdasarkan ini dapat dikatakan bahwa beban trafo dalam keadaan tidak seimbang dan ketidakseimbangan lebih besar terjadi pada malam hari. Beban puncak terjadi pada malam hari yaitu sebesar 0,104% dan ketidakseimbangan beban rata-rata terjadi pada siang hari sebesar 0,06% kemudian rugi-rugi daya lebih besar terjadi pada malam hari yaitu 0,73 KW. Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada malam hari dan ketidakseimbangan beban juga lebih besar terjadi pada malam hari sehingga menyebabkan arus mengalir di penghantar netral trafo lebih besar. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin besar arus yang mengalir di penghantar netral trafo akan menyebabkan semakin besar rugi daya dan semakin besar pula persentase rugi-rugi daya dan terlihat bahwa efisiensi trafo lebih besar pada malam hari yaitu sebesar 0,999%. Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada siang hari. Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar pemakaian beban listrik maka akan semakin besar efisiensi trafo dan semakin kecil rugi daya akan semakin besar efisiensi trafo.

Kata kunci : ketidakseimbangan, beban, trafo, distribusi

# UNBALANCE ANALYSIS OF DISTRIBUTION LOADING AT PT. PLN (PERSERO)

## UP3 WATAMPONE

Andi Fajaruddin<sup>1</sup>, Sutri Hasriono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of

Muhammadiyah Makassar

E-Mail: [Andhy.fajar97@mail.com](mailto:Andhy.fajar97@mail.com), [sutrihasriono2030@gmail.com](mailto:sutrihasriono2030@gmail.com)<sup>2</sup>

### ABSTRACT

Abstract; Andi Fajaruddin 105 82 11139 16, Sutri Hasriono 105 82 1107 16 : Analysis carried out, it was found that the transformer in UP3 Watampone was in an unbalanced state. This can be seen based on the results of current measurements in each phase, where as previously explained that if the current flowing in each phase is different then the load is in an unbalanced state. From the analysis carried out, the results show that the current flowing in the R, S and T phases is different both during the day and at night. Based on this it can be said that the transformer load is unbalanced and the imbalance is greater at night. The peak load occurs at night which is 0, 104% and the average load imbalance occurs during the day by 0,06 % then the power losses are greater at night, which is 0,73 KW. This happens because the load is used more at night and the load imbalance is also greater at night, causing a larger current to flow in the neutral conductor of the transformer. So it can be said that the greater the current flowing in the neutral conductor of the transformer, the greater the power loss and the greater the percentage of power losses and it can be seen that the efficiency of the transformer is greater at night, which is 0,999%. This happens because the use of more loads occurs during the day. From this it can be concluded that the greater the use of electrical loads, the greater the efficiency of the transformer and the smaller the power loss, the greater the efficiency of the transformer.

Key words: distribution, transformer, load, imbalance

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUT	
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Tujuan penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Metologi Penelitian.....	3
F. Sistematika penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Defenisi Trafo Distribusi.....	5
B. Prinsip Kerja Transformator.....	6
C. Bentuk Dan Konstruksi Transformator .....	8
D. Rugi – Rugi Transformator .....	9

E. Ketidakseimbangan Beban Transformator.....	11
F. Pemeliharaan Trafo Distribusi.....	14
G. Persamaan Persamaan Yang Digunakan Dalam Perhitungan .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis penelitian .....	24
B. Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	24
C. tahapan Penelitian.....	24
D. Flowchart Penelitian.....	26
<b>BAB IV ANALISIS DAN HASIL</b>	
A. Analisis .....	24
B. Prinsip Kerja Transformator .....	34
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	37
B. Saran .....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN.....	39



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Transformator.....	5
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Transformator.....	7
Gambar 2.3 (a) Vektor Diagram Arus Keadaan Seimbang (b) Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang.....	12
Gambar 2.4 Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Model Fasa Tunggal.....	16
Gambar 2.5 Segitiga Daya.....	19
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	26
Gambar 4.1 Name Plate Travo 315 KVA.....	26



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Terlihat ketidakseimbangan beban yang terjadi dimasing- masing fasa.....	29
Tabel 4.2.Menunjukkan bahwa arus yang mengalir di fasa R, S dan T .....	34
Tabel 4.3. menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban rata-rata .....	35
Tabel 4.4. Terlihat bahwa rugi-rugi daya lebih besar terjadi pada malam hari .....	35
Tabel 4.5. terlihat bahwa efisiensi trafo lebih besar pada malam hari .....	35



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Tempat penelitian
2. Pengukuran trafo siang hari
3. Pengukuran trafo malam hari



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik selama ini selalu meningkat sejalan dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Perkembangan permintaan energi listrik dan kemampuan infrastruktur yang ada, sehingga sangat diperlukan pengamanan sistem secara terus menerus agar di peroleh suatu kontinuitas operasi sistem kelistrikan yang tinggi. Pada suatu sistem jaringan listrik yang luas, untuk mendapatkan hasil koordinasi yang optimal, maka sangat diperlukan untuk melakukan pengamanan pada pusat beban dan pusat pembangkit.

Dewasa ini Indonesia sedang melaksanakan pembangunan disegala bidang. Seiring dengan laju pertumbuhan pembangunan maka dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukung tercapainya tujuan pembangunan tersebut. Salah satu sarannya adalah dengan adanya penyediaan tenaga listrik. Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Hal ini disebabkan karena tenaga listrik mudah untuk ditransportasikan dan dikonversikan ke dalam bentuk energi lain. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik.

Perkembangan pembangunan di segala bidang menuntut PLN agar dapat menyediakan tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen. Namun dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian beban-beban yang tidak merata sehingga menimbulkan suatu ketidakseimbangan beban yang dampaknya dapat

merugikan PLN. Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem tenaga listrik selalu terjadi. Beban yang tidak seimbang di setiap fasa (fasa *R*, fasa *S*, fasa *T*) akan mengakibatkan arus mengalir pada netral trafo (IN) yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidakseimbangannya. Arus yang mengalir pada penghantar netral transformator ini akan menyebabkan terjadinya rugi-rugi (*losses*) daya disepanjang penghantar tersebut. Agar terjadi kestabilan dan konyuitas penyuplaian tenaga listrik kekonsumen,

Dalam pemenuhan kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu penyalaan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik. Selain ketidakserempakan pemakaian beban, pengkoneksian yang tidak seimbang pada fasa *R*, *S* dan *T* juga merupakan faktor lain yang mempengaruhi. Ketidakseimbangan beban adalah hal yang menimbulkan *losses* secara teknis, yang akan merugikan PLN. Agar tercapai penyuplaian listrik yang stabil dan kontinyuitas kepada konsumen.

### **B. Rumusan Masalah**

Pada penelitian ini penulis menguraikan permasalahan antara lain:

- a. Bagaimana presentase pembebanan transformator distribusi PT. PLN (Persero) UP3 Watampone
- b. Bagaimana ketidakseimbangan beban transformator distribusi terhadap arus netral.

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menghasilkan presentase pembebanan transformator distribusi PT. PLN (Persero) UP3 Watampone
2. Untuk menentukan ketidakseimbangan beban transformator distribusi terhadap arus netral.

### D. Manfaat Penelitian

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Sebagai sarana dalam menyelesaikan suatu permasalahan sesuai bidang keahlian dan untuk mempersiapkan diri dalam dunia kerja.
  - b. Sebagai penerapan teori yang didapat dibangku kuliah di kehidupan sehari-hari.
2. Bagi Perusahaan
  - a. Mempermudah pegawai PLN dalam menangani masalah gangguan beban
  - b. Menambah wawasan serta menambah pengetahuan tentang gangguan

### E. Metodologi penelitian

Pada tugas akhir ini penulis melakukan penelitian dan pengambilan data yang dilakukan dengan metode:

#### 1. Studi Literatur

Dalam metode ini penulis mengumpulkan bahan tulisan yang

bersumber pustaka yang relevan untuk mendukung tugas akhir ini.

## 2. Studi Bimbingan

Dalam hal ini, penulis mendiskusikan kepada Dosen Pembimbing Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

## 3. Pengumpulan Data

Untuk menunjang tugas akhir ini penulis mengumpulkan data singkat pada distribusi menengah 20 KV

## F. Sistematika Penulisan

Bab I : Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, serta maksud dan tujuan dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.

Bab II : Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bab III : Bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, diagram balok dan gambar rangkaian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.

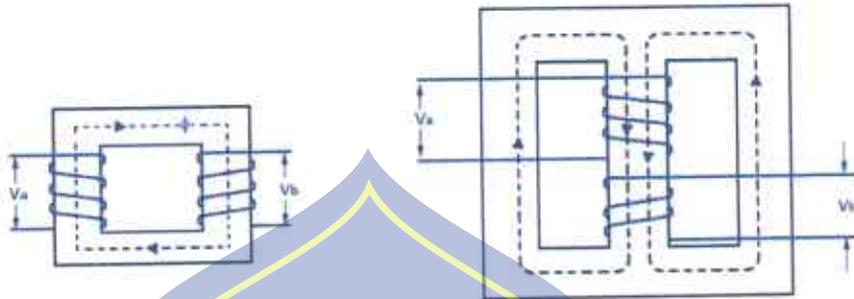
Bab IV : Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian, alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

Bab V : Bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Definisi trafo distribusi



Gambar 2.1 Tipe transformator

Transformator distribusi yang sering digunakan adalah jenis transformator step up down 20/0,4 kV dengan tegangan fasa sistem JTR adalah 380 Volt karena terjadi drop tegangan maka tegangan pada rak TR dibuat diatas 380 Volt agar tegangan pada ujung beban menjadi 380 Volt.

Pada kumparan primer mengalir arus jika dihubungkan ke sumber listrik arus bolak balik, sehingga pada inti transformator yang terbuat dari bahan feromagnet akan terbentuk sejumlah garis-garis gaya magnet (fluks  $\Phi$ ). Karena arus yang mengalir adalah arus bolak balik maka fluks yang terbentuk pada inti akan mempunyai arah dan jumlah yang berubah-ubah. Jika arus yang mengalir berbentuk sinus maka fluks yang dihasilkan akan berbentuk sinus. Hal ini dikarenakan fluks mengalir melalui inti dimana pada inti tersebut terdapat lilitan primer dan lilitan sekunder maka pada lilitan primer dan lilitan sekunder akan timbul GGL (gaya gerak listrik) induksi, namun arah GGL induksi primer berlawanan dengan arah

GGL induksi sekunder.

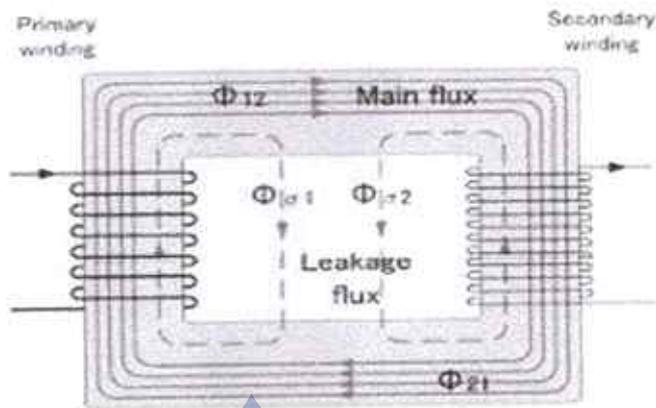
Sistem tenaga listrik terdiri atas tiga bagian utama yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Dari ketiga sistem tersebut, sistem distribusi merupakan bagian yang letaknya paling dekat dengan konsumen, fungsinya adalah menyalurkan energi listrik dari suatu Gardu Induk distribusi ke konsumen. Adapun bagian-bagian dari sistem distribusi tenaga listrik adalah :

- a. Gardu Induk Distribusi
- b. Jaringan Primer (JTM)
- c. Transformator Distribusi
- d. Jaringan Sekunder (JTR)

#### **B. Prinsip Kerja Transformator**

Prinsip kerja transformator dapat dijelaskan berdasarkan hukum ampere dan hukum faraday yaitu arus listrik menimbulkan medan magnet dan sebaliknya. Gambar prinsip kerja transformator dapat dilihat pada gambar 2.2

Pada sisi kumparan primer transformator diberi arus bolak balik sehingga akan timbul sejumlah garis-garis gaya magnet atau fluksi pada kumparan tersebut. Garis gaya magnet selalu berubah-ubah menurut bentuk gelombang sinusoidal yang mengakibatkan pada kumparan sisi primer terjadi induksi.



Gambar 2.2 Prinsip kerja transformator

kumparan sekunder akan menerima garis gaya magnet atau fluksi yang berubah-ubah dan mempunyai harga yang sama dengan jumlah garis gaya yang dikeluarkan sisi primer, sehingga pada sisi sekunder terjadi induksi. Besarnya ggl induksi yang dihasilkan masing-masing kumparan berbanding lurus dengan jumlah lilitannya, sehingga di dapat:

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

Dimana:

$e_1$  = ggl induksi sesaat pada sisi primer

$e_2$  = ggl induksi sesaat pada sisi sekunder

$N_1$  = jumlah lilitan kumparan primer

$N_2$  = jumlah lilitan kumparan sekunder

Jika dianggap bahwa tidak ada daya yang hilang, maka daya yang dilepas pada sisi primer sama dengan daya yang diterima pada sisi sekunder:

$$E_1 \cdot I_1 = E_2 \cdot I_2$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Dimana :

$E_1$  = ggl induksi sisi primer (volt) efektif

$E_2$  = ggl induksi sisi sekunder (volt) efektif

$I_1$  = arus sisi primer

$I_2$  = arus sisi sekunder

### C. Bentuk dan konstruksi transformator

Konstruksi transformator distribusi terdiri dari beberapa bagian:

1. Inti, terbuat dari lempengan-lempengan pelat besi lunak atau baja silikon yang di klem menjadi satu.
2. Belitan, terbuat dari tembaga yang letaknya dibelitkan pada inti dengan bentuk spiral atau konsentrik.
3. Sistem pendinginan, bagian ini terdapat pada transformator berkapasitas besar).
4. *Bushing*, berfungsi untuk menghubungkan rangkaian dalam dari

transformator ke rangkaian luar (terdapat pada transformator daya).

5. *Arrester*, sebagai pengaman trafo terhadap teggangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir dan *switching* (SPLN se. 002/PST/73). Bila dilihat dari letak belitannya, maka transformator terdiri dari:

- a. Transformator jenis inti (*core type*), yaitu transformator dengan belitan mengelilingi inti.
- b. Transformator jenis cangkang (*shell type*), inti transformator ini mengelilingi belitannya.

#### D. Rugi-rugi transformator

Rugi-rugi pada transformator dapat digolongkan menjadi 2 kondisi, yaitu kondisi tanpa beban dan kondisi berbeban.

##### 1. Rugi-rugi transformator tanpa beban

Rugi-rugi yang dialami transformator pada kondisi tanpa beban adalah rugi histeresis dan rugi eddy. Rugi histeresis disebabkan karena fluks bolak-balik pada inti besi, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$P_h = K_h f \cdot B_m^n \text{ watt}$$

Sedangkan rugi arus *eddy* disebabkan arus pusar pada inti besi, dinyatakan sebagai berikut:

$$P_e = K_e f^2 \cdot B_m^2 \text{ watt}$$

Dimana:

$P_e$  = rapat fluksi maksimum ( $\phi/m^2$ )

$K_e$  = konstanta arus *eddy*, tergantung pada volume inti



$f$  = frekuensi jala-jala (Hz)

$n$  = konstanta Steinmetz (1,6 - 2,0)

Dari persamaan rugi-rugi transformator tanpa beban tersebut, dapat diketahui besar total rugi inti (besi) merupakan penjumlahan nilai rugi histeresis dan rugi *eddy*:

$$P_{\text{total inti}} = P_h + P_e \\ = (K_h \cdot f \cdot B_m^2) + (K_e \cdot f^2 \cdot B_m^2)$$

Besarnya rugi-rugi inti ditentukan berdasarkan hasil pengujian transformator, namun secara teoritis dapat ditentukan berdasarkan nilai (harga) pembebanan yang berbeda dan bekerja pada efisiensi dan faktor daya yang sama.

## 2. Rugi-rugi transformator berbeban

Nilai rugi-rugi transformator berbeban selalu berubah-ubah, ini dipengaruhi arus beban yang mengalir pada tahanan transformator. Besarnya arus beban ini tergantung pada beban yang dioperasikan transformator, sehingga rugi transformator berbeban merupakan perkalian kuadrat arus dengan tahanan transformator, yang dikenal sebagai rugi tembaga ( $P_{cu}$ ).

$$P_{cu1} = I_1^2 \cdot R_1$$

$$P_{cu2} = I_2^2 \cdot R_2$$

Jadi, rugi tembaga total adalah;

$$P_{cu} = P_{cu1} + P_{cu2}$$

$$= I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2$$

Karena  $I_2 = a I_1$ , maka persamaannya dapat ditulis sebagai:

$$P_{cu} = I_1^2 + (aI_1) \cdot R_2$$

$$= I_1^2 (R_1 + a^2 \cdot R_2)$$

$$= I_1^2 R_{ek1}$$

Jumlah total rugi-rugi pada transformator adalah :

$$P_{rugi\ total} = R_{ugi\ cu} + R_{ugi\ inti}$$

### E. Ketidakseimbangan Beban Transformator

Beban fasa seimbang merupakan beban dimana arus yang mengalir pada beban-beban simetris dan beban tersebut dihubungkan pada tegangan simetris. Sehingga untuk menganalisa beban-beban seperti ini biasanya diasumsikan disuplai oleh tegangan simetris. Dengan demikian analisa dapat dilakukan secara perfasa saja, jadi dalam hal ini beban selalu diasumsikan seimbang pada setiap fasa, sedangkan yang sebenarnya beban tersebut tidak seimbang.

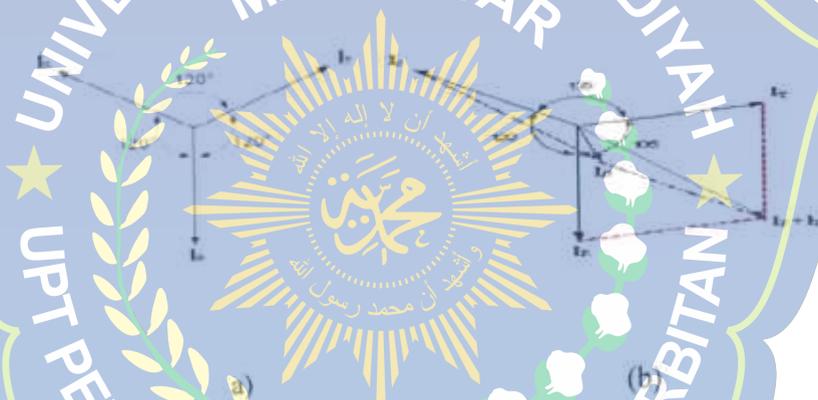
Ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi 3 phase dapat menyebabkan timbulnya arus netral yang dapat menyebabkan terjadinya susut daya. Susut daya pada transformator selain membuat kerugian pada penyedia energi listrik dalam hal ini adalah PT PLN

(Persero), juga dapat mengakibatkan kurangnya nilai efisiensi dalam penyaluran energi listrik. Sehingga, untuk menangani ketidakseimbangan beban pada transformator perlu dilakukan penyeimbangan beban pada setiap phase transformator.

Beban dalam keadaan seimbang adalah suatu keadaan dimana:

- a. Ketiga vektor arus / tegangan sama besar
- b. Ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^0$  satu sama lain.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Gambar 2.22 memperlihatkan vektor diagram arus.



Gambar 2.3 (a) Vektor Diagram Arus Keadaan Seimbang

(b) Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang

### 1. Akibat Ketidakseimbangan Beban

Akibat dari ketidakseimbangan beban tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalir arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan losses (rugi-rugi).

## 2. Analisa Ketidakseimbangan Beban pada Trafo

Analisa ketidakseimbangan beban pada trafo dengan menggunakan persamaan, koefisien a, b dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata (I<sub>rata</sub>).

$$IR = a.I \text{ maka } a = IR/I$$

$$IS = b.I \text{ maka } b = IS/I$$

$$IT = c.I \text{ maka } c = IT/I$$

Pada saat kondisi bereimbang, jumlah koefisien a, b dan c adalah 1.

Sehingga,

rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah:

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

Dari persamaan losses karena adanya arus pada penghantar netral trafo dapat

dihitung besarnya, sebagai berikut

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

Dimana daya aktif trafo (P):

$$P = S \cdot \cos\theta$$

Sehingga, presentas losses karena adanya arus pada penghantar netral trafo:

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

Losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan:

$$PG = IG^2 \cdot RG$$

Dengan demikian presentase losses-nya adalah

$$\%PG = \frac{PG}{P} \times 100\%$$

#### D. Arus Netral

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini muncul jika:

- a. Kondisi beban tidak seimbang
- b. Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear

Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris.

#### I. Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang

Untuk arus tiga fasa dari suatu sistem yang tidak seimbang dapat juga diselesaikan dengan menggunakan metode komponen simetris.

Dengan menggunakan notasi-notasi yang sama seperti pada tegangan akan didapatkan persamaan-persamaan untuk arus-arus fasanya sebagai

berikut:

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 + I_0$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 + I_0$$

Dengan tiga langkah yang telah dijabarkan dalam menentukan tegangan urutan positif, urutan negative, dan urutan nol terdahulu, maka arus-arus urutan juga dapat ditentukan dengan cara yang sama, sehingga kita dapatkan juga:

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + a I_b + a^2 I_c)$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2 I_b + a I_c)$$

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c)$$

Di sini terlihat bahwa arus urutan nol ( $I_0$ ) adalah merupakan sepertiga dari arus netral atau sebaliknya akan menjadi nol jika dalam sistem tiga fasa empat kawat. Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral, menjadi:

$$I_N = I_a + I_b + I_c$$

Dengan mensubstitusikan persamaan maka diperoleh:

$$I_N = 3I_0$$

Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus dalam saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral. Jika arus-arus fasanya seimbang maka arus netralnya akan bernilai nol, tapi jika arus-arus fasanya tidak seimbang, maka akan ada arus yang mengalir di kawat netral sistem (arus netral akan mempunyai nilai dalam arti tidak nol).

## 2. Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Seimbang

Misalkan 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:

$$P = 3 [V] [I] \cos \phi$$

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari  $P$  karena terjadi penyusutan dalam saluran. Penyusutan daya ini dapat diterangkan dengan menggunakan diagram fasor tegangan saluran model fasa tunggal seperti pada gambar 2.4 di bawah ini:



Gambar 2.4 Diagram Fasor Tegangan Saluran Daya Model Fasa

Tunggal

Model ini dibuat dengan asumsi arus pemusatan kapasitif pada saluran cukup kecil sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian besarnya arus ujung kirim sama dengan arus di ujung terima. Apabila tegangan dan faktor faktor daya pada ujung terima berturut-turut adalah  $V'$  dan  $\phi'$ , maka besarnya daya pada ujung terima adalah:

$$P' = 3 [V'] [I] \cos \phi'$$

Selisih antara P dan P' memberikan susut daya saluran, yaitu:

$$P_l = P - P'$$

$$= 3 [V] [I] \cos \phi - 3 [V'] [I] \cos \phi'$$

$$= 3 [I] \{ [V] \cos \phi - [V'] \cos \phi' \}$$

Sementara itu dari Gambar 2.3 memperlihatkan bahwa:

$$\{ [V] \cos \phi - [V'] \cos \phi' \} = [I] R$$

Dengan R adalah tahanan kawat penghantar tiap fasa, oleh karena itu persamaan berubah menjadi:

$$P_l = 3 [I]^2 R$$

### 3. Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Tidak Seimbang

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

$$[IR] = a[I]$$

$$[IS] = b[I]$$

$$[IT] = c[I]$$

Dengan IR, IS, dan IT berturut adalah arus fasa R, S dan T. Telah disebutkan di atas bahwa faktor daya ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda-beda. Dengan anggapan seperti ini besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai:

$$P = (a+b+c) [V] \\ [I] \cos \varphi$$

Apabila menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan tersebut dapat diperoleh persyaratan koefisien a, b dan c adalah :

$$a + b + c = 3$$

Dengan anggapan yang sama, arus yang mengalir di penghantar netral dapat dinyatakan sebagai:

$$I_N = I_R + I_S + I_T \\ = [I] \{a + b \cos (-120) + j.b \sin (-120) + c \cos (-120) + j.c \sin (120)\} \\ = [I] \{a - (b + c) / 2 + j.(c - b) \sqrt{3} / 2\}$$

Susut daya saluran adalah jumlah susut pada penghantar fasa dan penghantar netral adalah:

$$P_l' = \{[I_R]^2 + [I_S]^2 + [I_T]^2\} R + [I_N]^2 \cdot R_N \\ = (a^2 + b^2 + c^2)[I]^2 + (a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc)[IN]^2 \cdot R_N$$

Dengan RN adalah tahanan penghantar netral. maka akan diperoleh:

$$P_l' = \{9 - 2(ab + ac + bc)[I]^2 R + (9 - 3(ab + ac + bc))[IN]^2 \cdot R_N$$

Persamaan ini adalah persamaan susut daya saluran untuk

saluran dengan penghantar netral. Apabila tidak ada penghantar netral maka kedua ruas kanan akan hilang sehingga susut daya akan menjadi:

$$P_l' = \{9 - 2(ab + ac + bc)\}I^2R$$

#### 4. Faktor Daya

Pengertian faktor daya ( $\cos \phi$ ) adalah perbandingan antara daya aktif (P) dan daya semu (S). Dari pengertian tersebut, faktor daya tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Faktor daya} &= (\text{Daya Aktif} / \text{Daya Semu}) \\ &= (P / S) \\ &= (V.I \cos \phi / V.I) \\ &= \cos \phi \end{aligned}$$



Gambar 2.5 Segitiga Daya

#### E. Persamaan-persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menganalisa pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada transformator distribusi Rusunami Gading Icon adalah sebagai berikut:

##### 1. Perhitungan Arus Beban Penuh dan Arus Hubung Singkat

Telah diketahui bahwa daya transformator distribusi bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

S = Daya Transformator (*kVA*)

V = Tegangan Sisi Primer

Transformator (*kV*) I = Arus Jala-jala

(A)

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

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} V}$$

$I_{FL}$  = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya Transformator (*kVA*)

V = Tegangan Sisi Sekunder Transformator (*kV*)

Sedangkan untuk menghitung arus hubung singkat pada transformator digunakan rumus:

$$I_{SC} = \frac{S \cdot 100}{\%Z \sqrt{3} V}$$

$I_{SC}$  = Arus Hubung

Singkat (A) S = Daya

Transformator (*kVA*)

V = Tegangan Sisi Sekunder Transformator (*kV*)

%Z = Persen Impedansi Transformator

Dengan demikian untuk menghitung persentase pembebanannya adalah sebagai berikut:

$$\%b = \frac{I_{ph}}{IFL} 100\%$$

% b = Persentase Pembebanan (%)  $I_{ph}$  = Arus Fasa (A)

IFL = Arus Beban Penuh (A)

## 2. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban

$$I_{Rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b dan c diperoleh dengan:

$$a = \frac{I_R}{I}$$

$$b = \frac{I_S}{I}$$

$$c = \frac{I_T}{I}$$

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

Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %).

## 3. Perhitungan Losses (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S dan fasa T) mengalir arus di netral trafo.

Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan losses (rugi-rugi). Dan losses pada penghantar netral

dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 R_N$$

Dimana:

$P_N$  = *Losses* yang timbul pada penghantar netral (*watt*)

$I_N$  = Arus yang mengalir melalui kawat netral

(*Ampere*)  $R_N$  = Tahanan pada kawat netral ( $\Omega$ )

#### 4. *Losses* Akibat Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

*Losses* ini terjadi karena adanya arus netral yang mengalir ke tanah., Besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_G = I_G^2 R_G$$

Dimana:

$P_G$  = *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah (*watt*)  $I_G$  = Arus netral yang mengalir ke tanah (*Ampere*)

$R_G$  = Tahanan pembumian netral trafo ( $\Omega$ )

#### 5. Efisiensi Transformator

Untuk setiap mesin atau peralatan listrik, efisiensi ditentukan oleh besarnya rugi-rugi yang selama operasi normal. Efisiensi dari mesin-mesin berputar/bergerak umumnya antara 50-60% karena ada rugi gesek dan angin. Transformator tidak memiliki bagian yang bergerak/berputar, maka rugi-rugi ini tidak muncul (Linsley, 2002).

Transformator tidak bergerak, tetapi tetap memiliki rugi-rugi

walaupun tidak sebesar pada peralatan listrik seperti mesin-mesin atau peralatan bergerak lainnya. Transformator daya saat ini rata-rata dirancang dengan besar efisiensi minimal 95%. (Ermawanto, 2013).

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya output dengan daya input. Secara matematis ditulis :

$$P_{out} = (a + b + c) \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$P_{in} = P_{out} + \text{rugi-rugi}$$

Jadi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \text{rugi daya}} \times 100\%$$

Dimana:

$\eta$  = efisiensi

$P_{out}$  = daya keluar (watt)  $P_{in}$  = daya masuk (watt)



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### A . Jenis Penelitian

Penelitian tentang “Analisa Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi”, penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif adalah melakukan pengumpulan data berdasarkan pengukuran dalam yang dilakukan dalam penelitian ini yang hasil dari pengukuran itu diselesaikan dalam bentuk matematis sedangkan jenis penelitian kualitatif adalah melakukan analisis penelitian berdasarkan data pengukuran kuantitatif

#### B . Waktu dan Lokasi Penelitian

##### 1. Waktu

Waktu pembuatan dan penelitian tugas akhir ini pada bulan November – Desember 2021 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

##### 2. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) DP3 WATAMPONE.

#### C. Tahapan penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### 1. Studi Literatur

Studi literatur adalah pengumpulan referensi dari buku-buku, penelitian sebelumnya dan jurnal-jurnal dari internet yang berhubungan atau yang dapat mendukung teori penyelesaian penelitian “Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi” seperti yang dijelaskan dalam studi literatur

(BAB II).

## 2. Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, penulis melakukan pengambilan data di PT. PLN (Persero) UP3 WATAMPONE. Pengambilan data dilakukan dengan cara meminta data yang sudah ada pada PT. PLN (Persero). Data diperoleh dengan mengikuti prosedur yang ada pada instansi tersebut yaitu dengan cara mengirimkan surat izin pengambilan data dari pihak Universitas. Seterusnya menunggu balasan dari pihak PLN, setelah surat balasan diperoleh baru dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan untuk penelitian.

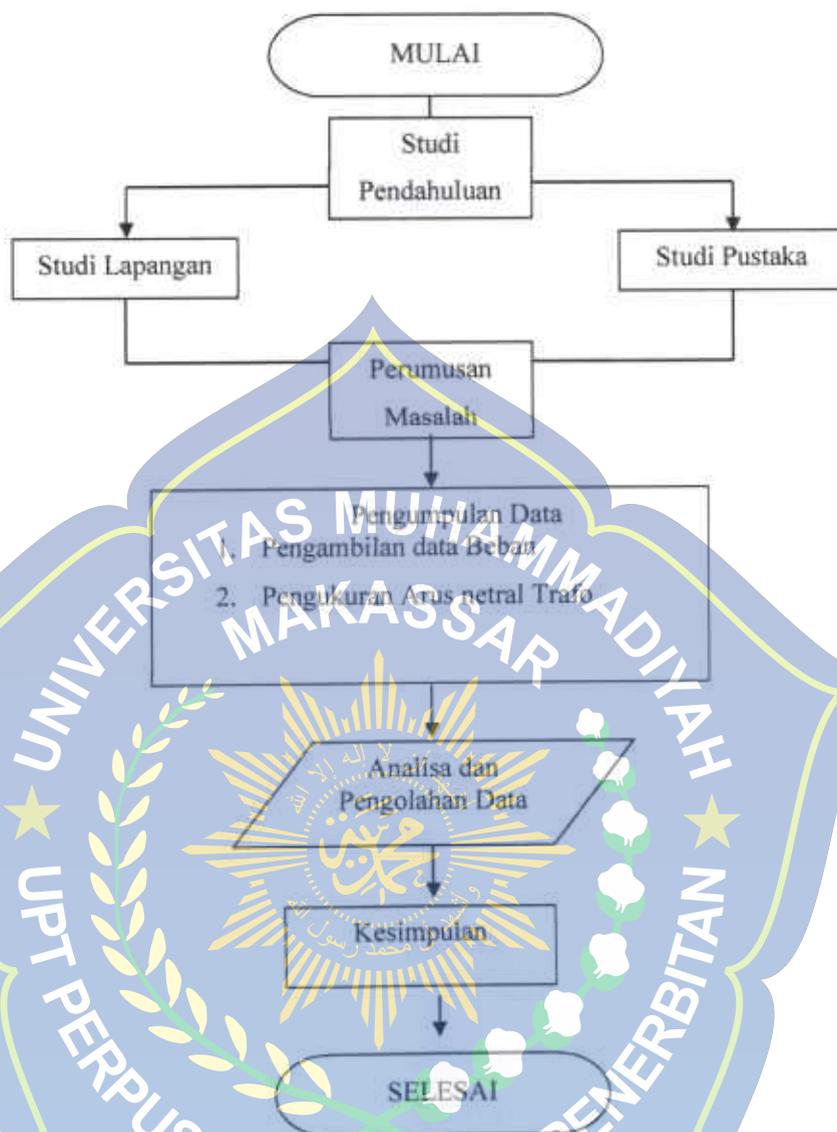
### 1. Analisis Data

Analisa data dilakukan setelah pengambilan data di PT. PLN (Persero) UP3 WATAMPONE. Data-data yang diperoleh diubah kedalam bentuk matematis dan dianalisis menggunakan persamaan yang telah ada. Dalam menganalisis data yang diperoleh, tidak menggunakan metode apapun, karena perhitungan yang digunakan adalah perhitungan biasa.

### 2. Hasil

Hasil adalah penyelesaian dari permasalahan yang ada dalam penelitian ini. Permasalahan yang ada diselesaikan dengan cara matematis menggunakan persamaan yang sudah ada. Hasil penelitian ini berupa kesimpulan yang menunjukkan trafo distribusi pada PT. PLN (Persero) UP3 WATAMPONE dalam keadaan seimbang atau tidak, efisiensi trafo dan berapa rugi-rugi daya pada trafo distribusi di PT. PLN (Persero) UP3 WATAMPONE.

#### D. Flowchart Penelitian



Gambar 3.1 flowchart penelitian



Data Transformator :

Merek trafo : Trafindo

Daya :315 KVA

Menentukan factor daya sebagai

berikut:

Diketahui:

$V = 220$  volt

$I = 827$  Amper

$P = 2$  HP = 1492 watt

Ditanyakan:

$\text{Cos } \phi = \dots ?$

Penyelesaian:

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos } \phi$$

$$\text{Cos } \phi = \frac{P}{V \cdot I}$$

$$= \frac{1492}{220 \cdot 827}$$

$$\text{Cos } \phi = 0,85$$

Tabel 4.1 Pengukuran Trafo

Pengukuran siang hari		Pengukuran malam hari	
Arus fasa R	: 70,5 A	Arus fasa R	: 87,1 A
Arus fasa S	: 54,5 A	Arus fasa S	: 72,9 A
Arus fasa T	: 77 A	Arus fasa T	: 93,3 A
Arus fasa N	: 20,5 A	Arus fasa N	: 12,1 A
Tegangan fasa RS	: 400 V	Tegangan fasa RS	: 406 V
Tegangan fasa RT	: 400 V	Tegangan fasa RT	: 406 V
Tegangan fasa ST	: 400 V	Tegangan fasa ST	: 406 V

Dari tabel 4.1 dapat terlihat ketidakseimbangan beban yang terjadi dimasing- masing fasa. Jadi dapat disimpulkan bahwa terjadi ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi di Makassar khususnya UP3 Watampone. Dimana dari tabel terlihat bahwa pemakaian listrik lebih banyak terjadi malam hari dibandingkan siang hari.

### 1. Analisis Beban Puncak

Dalam analisis beban ini perlu diketahui terlebih dahulu arus beban penuh dengan menggunakan persamaan:

$$I_F = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_F = \frac{315.000}{\sqrt{3} \cdot 400} = \frac{315.000}{692,82} = 454,4 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata\ siang} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{70,5 + 54,5 + 77}{3} = 67,33 \text{ A}$$

$$I_{rata-rata\ malam} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{87,1 + 72,9 + 93,3}{3} = 84,43 \text{ A}$$

Jadi presentase beban adalah:

**a. Beban Pada Siang Hari**

$$\frac{I_{rata-rata\ siang}}{I_F} \times 100\% = \frac{67,33}{454,4} \times 100\% = 14,8 \%$$

**b. Beban Pada Malam Hari**

$$\frac{I_{rata-rata\ malam}}{I_F} \times 100\% = \frac{84,43}{454,4} \times 100\% = 18,5 \%$$

Dari hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa beban puncak terjadi pada malam hari yaitu 18,5 %

**2. Analisis Ketidakseimbangan Beban**

Dari data diatas dapat dilihat bahwa beban dalam keadaan tidak seimbang. Besar ketidakseimbangan beban yang terjadi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$I_R = a \times I \text{ jadi } a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}}$$

$$I_S = b \times I \text{ jadi } b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}}$$

$$I_T = c \times I \text{ jadi } c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}}$$

**a. Ketidakseimbangan beban siang hari**

$$a = \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{70,5}{67,33} = 1,04$$

$$b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{54,5}{67,33} = 0,80$$

$$c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{77}{67,33} = 1,14$$

Rata-rata ketidakseimbangan

$$= \frac{a+b+c}{3} = \frac{1,04+0,80+1,14}{3} = 0,99$$

Jadi persentase ketidakseimbangan beban adalah:

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

$$= \frac{[(1,04-1)] + [(0,80-1)] + [(1,14-1)]}{3} \times 100\% = 12\%$$

**b. Ketidakseimbangan Beban Malam Hari**

$$a = \frac{I_P}{I_{rata-rata}} = \frac{87,1}{84,43} = 1,03$$

$$b = \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{72,9}{84,43} = 0,9$$

$$c = \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{93,3}{84,43} = 1,10$$

Rata-rata ketidakseimbangan

$$= \frac{a+b+c}{3} = \frac{1,03+0,9+1,10}{3} = 1,01\%$$

Jadi persentase ketidakseimbangan beban adalah:

$$U = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

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

$$= \frac{[(1,03-1)] + [(0,9-1)] + [(1,10-1)]}{3} \times 100\% = 7\%$$

Dari hasil perhitungan diatas terlihat bahwa rata-rata ketidakseimbangan lebih besar terjadi siang hari dibandingkan

malam hari yaitu sebesar 12 %

## 2. Analisis Rugi-Rugi Daya

Besar rugi daya yang terjadi pada trafo ini akibat arus yang mengalir di netral trafo adalah:

### a. Pada Siang Hari

$$P_N = I_N^2 R_N$$

$$P_N = 20,5^2 \times 0,5049 = 211,806 \text{ watt} = 0,21 \text{ KW}$$

Daya aktif trafo adalah:

$$P = S \cos \phi = 315 \times 0,85 = 267,75$$

Jadi persentase rugi-rugi daya akibat daya yang mengalir di netral trafo adalah:

$$\frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{211,806}{267,75} \times 100\% = 0,791\%$$

### b. Pada Malam Hari

$$P_N = I_N^2 R_N$$

$$P_N = 12,1^2 \times 0,5049 = 73,922 \text{ watt} = 0,73 \text{ KW}$$

Jadi persentase rugi-rugi daya akibat daya yang mengalir di netral trafo adalah:

$$\frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{73,922}{267,75} \times 100\% = 0,276\%$$

Dari hasil perhitungan rugi-rugi daya diatas, dapat diketahui semakin besar ketidakseimbangan beban yang terjadi maka akan semakin besar rugi daya pada trafo.

#### 4. Analisis Efisiensi

Untuk mengetahui besar efisiensi adalah dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

##### a. Pada Siang Hari

$$\begin{aligned} P_{out} &= (a + b + c) V.I. \cos \phi \\ &= (1,04 + 0,80 + 1,14) 226.67,33. 0,85 \\ &= 12.934,09 \text{ Watt} = 129,34 \text{ KW} \end{aligned}$$

Jadi efisiensi pada siang hari adalah:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{129,34}{P_{out} + \text{rugi daya}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{129,34}{129,34 + 0,21} \times 100\% = \frac{129,34}{129,55} \times 100 = 99,8\%$$

##### b. Pada Malam Hari

$$\begin{aligned} P_{out} &= (a + b + c) V.I. \cos \phi \\ &= (1,03 + 0,9 + 1,10) 238.84,43. 0,85 \\ &= 51.752,94 \text{ Watt} = 517,52 \text{ KW} \end{aligned}$$

Jadi efisiensi pada malam hari adalah:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{517,52}{P_{out} + \text{rugi daya}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{517,52}{517,52 + 0,73} \times 100\% = \frac{517,52}{518,25} \times 100\% = 99,8\%$$

Dari perhitungan efisiensi diatas, dapat diketahui untuk memperoleh nilai efisiensi yang besar maka harus diusahakan rugi-rugi yang terjadi kecil. Pada penelitian ini efisiensi yang besar terjadi pada malam hari.

## B. Hasil

Dari analisis yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa trafo yang ada di UP3 Watampone dalam keadaan tidak seimbang. Hal ini dapat diketahui berdasarkan hasil pengukuran arus pada masing-masing fasa, dimana seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa jika arus yang mengalir di masing-masing fasa berbeda maka beban dalam keadaan tidak seimbang. Hal ini merujuk pada table 4.1 dimana arus yang mengalir di masing-masing fasa berbeda.

Dari analisis yang dilakukan didapatkan hasil seperti yang terlihat dalam tabel berikut ini: Tabel 4.2 beban

Waktu	$I_R$ (A)	$I_S$ (A)	$I_T$ (A)	$I_{rata-rata}$ (A)	Presentas
Siang hari	70,5	54,5	77	67,33	14,8
Malam hari	87,1	72,9	93,3	84,33	18,5

Dari tabel 4.2 menunjukkan bahwa arus yang mengalir di fasa R, S dan T berbeda baik itu siang hari dan malam hari. Berdasarkan ini dapat dikatakan bahwa beban trafo dalam keadaan tidak seimbang dan ketidakseimbangan lebih besar terjadi pada malam hari. Beban puncak terjadi pada malam hari yaitu sebesar 0,104%

Tabel 4.3 Ketidakseimbangan Beban

Waktu	a	B	c	Ketidakseimbangan rata- rata	Presentase
Malam hari	1,04	0,80	1,14	2,99	7 %
Malam hari	1,03	0,9	1,10	1,01	1,01 %

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban rata-rata terjadi pada siang hari sebesar 0,06 %

Tabel 4.4 Rugi-rugi Daya

Waktu	$R_N(\Omega)$	$I_N(A)$	$P_N(KW)$	Presentase
Siang hari	0,5049	20,5	0,21	0,791
Malam hari	0,5049	12,	0,73	0,276

Dari tabel 4.4 terlihat bahwa rugi-rugi daya lebih besar terjadi pada malam hari yaitu 0,73 KW. Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada malam hari dan ketidakseimbangan beban juga lebih besar terjadi pada malam hari sehingga menyebabkan arus mengalir di penghantar netral trafo lebih besar. Jadi dapat dikatakan bahwa semakin besar arus yang mengalir di penghantar netral trafo akan menyebabkan semakin besar rugi daya dan semakin besar pula persentase rugi-rugi daya.

Tabel 4.5 Efisiensi

Waktu	$P_{in}(KW)$	$P_{out}(KW)$	Presentase%
Siang hari	129,34	129,55	99,8
Malam hari	517,52	518,25	99,8

Dari tabel 4.5 terlihat bahwa efisiensi trafo lebih besar pada malam hari yaitu sebesar 0,999%. Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada siang hari. Dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa

semakin besar pemakaian beban listrik maka akan semakin besar efisiensi trafo dan semakin kecil rugi daya akan semakin besar efisiensi trafo.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

1. Dari analisis yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa trafo yang ada di UP3 Watampone dalam keadaan tidak seimbang. Hal ini dapat diketahui berdasarkan hasil pengukuran arus pada masing-masing fasa, dimana seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa jika arus yang mengalir di masing-masing fasa berbeda maka beban dalam keadaan tidak seimbang. Hal ini merujuk pada table 4.1 dimana arus yang mengalir di masing-masing fasa berbeda.
2. Ketidakseimbangan beban lebih besar terjadi pada siang hari, yang mana semakin besar ketidakseimbangan beban maka akan semakin besar pula persentase ketidakseimbangan beban tersebut, dimana pada trafo ini ketidakseimbangan beban pada siang hari adalah 12 %

#### B. Saran

Adapun saran untuk penelitian ini adalah diharapkan dalam perencanaan pembangunan transformator distribusi agar memperhatikan pemasangan beban agar didapatkan keseimbangan beban dimana jika beban dalam keadaan seimbang arus yang mengalir di netral trafo semakin kecil dan sebaliknya apabila ketidakseimbangan beban semakin besar maka akan semakin besar pula arus yang mengalir di netral trafo yang mengakibatkan semakin besar pula rugi daya (*losses*)

## DAFTAR PUSTAKA

Ir. Leonardus sirwen, Mt. 2013. Pengujian tapping trasformator distribusi 20, Laporan.

Medan: Universitas HAKBP Nommensen.

Ahmad Deni Mulyadi, 2011, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Rugi Daya Saluran Netral Jaringan Distribusi Tegangan Rendah", [Online],

M.Umar khusni. 2017. Analisis kendala system distribusi 20 KV di PT. PLN Rayon Blora dengan metode FMEA. Surabaya: Insitut Teknologi Sepuluh November.

Renaldi. Riswa. 2017. Analisis Kendala system distribusi 20 KV Pada PT. PLN (PERSERO) Cabang pare pare ranting baru. Skripsi. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.

Stevanson, D. William. 1984. Analisis system tenaga listrik edisinkeempat. Jakarta: Erlangga.

Ya M Randa, dkk. 2020. evaluasi keandalan system jaringan edistribusi 20 KV dan rugi rugi energi yang tidak tersalurkan pada feeder raya 10/Adisucipto: Universitas Tanjungpura.



## LAMPIRAN

### 1. Tempat penelitian



Gambar 1: Lokasi penelitian PT. PLN (Persero) UP3 Watampone

### 2. Pengukuran Trafo Distribusi Siang Hari



Gambar 2: Pengukuran pada siang hari

### 3. Pengukuran Trafo Distribusi Siang Hari



Gambar 3: Pengukuran pada malam hari

