

**SKRIPSI**

**ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI**

**DI PT. DISTRIBUSI ENERGI MANDIRI MAKASSAR**



**ARIFUDDIN**

**105821101017**

**REYNALDI RUSLAN**

**105821112417**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**

**ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI  
DI PT. DISTRIBUSI ENERGI MANDIRI MAKASSAR**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik (S.T.) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Makassar

Disusun dan diajukan oleh :

**ARIFUDDIN**

**105821101017**

**REYNALDI RUSLAN**

**105821112417**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2024**



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 PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI  
PT.DISTRIBUSI ENERGI MANDIRI MAKASSAR

Nama : 1. ARIFUDDIN  
2. REYNALDI RUSLAN

Stambuk : 1. 105 82 1101017  
2. 105 82 1112417

Makassar, 27 Juli 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Ir. Abdul Hafid, M.T

Pembimbing II

Andi Faharuddin, S.T., M.T

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Elektro



Ir. Adriani, S.T., M.T., IPM  
NBM : 1044 202





بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**PENGESAHAN**

Skripsi atas nama **ARIFUDDIN** dengan nomor induk Mahasiswa **105 82 1101017** dan **REYNALDI RUSLAN** dengan nomor induk Mahasiswa **105 82 1112417**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 008/05/A.5-VI/I/45/2024 sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 27 Juli 2024.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST, MT, IPU

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., ASEAN, Eng

2. Penguji

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

b. Sekretaris : Ir. Rahmania, S.T., M.T., IPM

3. Anggota

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

2. Andi Abdul Halik Lateko Tj, ST, M.T., ph.D

3. Umar Katu, S.T., M.T.

Mengetahui :

Pembimbing I

Ir. Abdul Hafid, M.T

Pembimbing II

Andi Faharuddin, S.T., M.T



## Abstrak

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya, Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu untuk mengetahui ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. Distribusi Energi Mandiri Makassar dan mengetahui persentase beban puncak dan besar rugi-rugi daya serta efisiensi yang terjadi akibat ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. Distribusi Energi Mandiri Makassar. jenis penelitian kuantitatif, dengan studi literatur, dimana hasil dari penelitian yaitu, 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 11,24%. Ketidakseimbangan beban menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban rata-rata terjadi pada malam hari sebesar 0,99 dan persentase ketidakseimbangan beban sebesar 5,66%. Serta, efisiensi terlihat bahwa efisiensi trafo lebih besar pada malam hari yaitu sebesar 98,74%, Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada malam 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 :** *Listrik, Arus Listrik, Transformator, Beban Listrik.*

## ***Abstract***

*A transformer is an electrical device that changes alternating current voltage from one level to another level through a magnetic coupling and is based on the principles of electromagnetic induction where the voltage ratio between the primary side and the secondary side is directly proportional to the ratio of the number of turns and inversely proportional to the ratio. current, the transformer consists of a core, which is made of layered iron and two coils, namely the primary coil and the secondary coil. The purpose of this research is to determine the load imbalance on the distribution transformer at PT. Mandiri Energy Distribution Makassar and find out the peak load percentage and the amount of power losses and efficiency that occur due to load imbalance on the distribution transformer at PT. Independent Energy Distribution Makassar. type of quantitative research, with literary studies, where the results of the research, namely, 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 in an unbalanced state and the imbalance is greater occurs at night, the peak load occurs at night, namely 11.24%. Load imbalance shows that the average load imbalance occurring at night is 0.99 and the percentage of load imbalance is 5.66%. Also, efficiency can be seen that the transformer efficiency is greater at night, namely 98.74%. This occurs because more load usage occurs at night. From this it can be concluded that the greater the electrical load usage, the greater the transformer efficiency and The smaller the power loss, the greater the transformer efficiency.*

**Keywords:** *Electricity, Electric Current, Transformer, Electrical Load.*



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala bimbingan dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik. Adapun penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi tugas akhir dan melengkapi salah satu syarat kelulusan pada program studi jurusan elektro fakultas teknik universitas muhammadiyah makassar. Adapun judul tugas akhir ini adalah :”**Analisis Pembebanan Transformator Distribusi Di PT.Distribusi Energi Mandiri Makassar**”.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Ayah dan ibu tercinta, kami mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
2. Bapak **Dr.Ir.H.Abd.Rakhim Nanda, S.T., M.T., IPU** selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu **Dr.Hj Nurmawaty, S.T., M.T., IPM** selaku dekan fakultas teknik
4. Ibu **Adriani, S.T., M.T., IPM**, selaku ketua prodi teknik elektro fakultas teknik
5. Bapak **Ir.Abdul Hafid M.T** selaku pembimbing I dan Bapak **Andi Faharuddin, S.T., M.T.** selaku pembimbing II, yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
6. Bapak/Ibu Dosen serta staf Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani kami selama mengikuti proses belajar.

7. Saudara saudara ku serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik terkhususnya angkatan 2017 dan selembaga Fakultas Teknik yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kekurangan dan kesalahan yang ada dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu penulis menerima segala kritikan dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan skripsi ini, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca umumnya.

***Billahi Fisabilhak Fastabugul Khaerat,***

***Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.***

Makassar, Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

	HALAMAN
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Studi Literatur .....	6
2.2 Dasar Teori.....	7
2.3 Jenis-jenis Transformator.....	10
2.4 Transformator Distribusi.....	13
2.5 Rangkaian Tiga Fasa.....	15
2.6 Jaringan Distribusi .....	23
2.7 Arus Beban Puncak.....	25

2.8 Ketidakseimbangan Beban Transformator .....	25
2.9 Rugi-Rugi Daya Transformator Dan Efisiensi.....	27
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>31</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	31
3.2 Tempat Pengambilan data .....	31
3.3 Tahapan Penelitian .....	32
3.4 Studi Literatur .....	32
3.5 Pengambilan Data .....	33
3.6 Analisa Data Dan Hasil.....	35
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN HASIL.....</b>	<b>37</b>
7.1 Analisis Data .....	37
7.2 Hasil .....	45
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>46</b>
A. Kesimpulan .....	46
B. Saran.....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

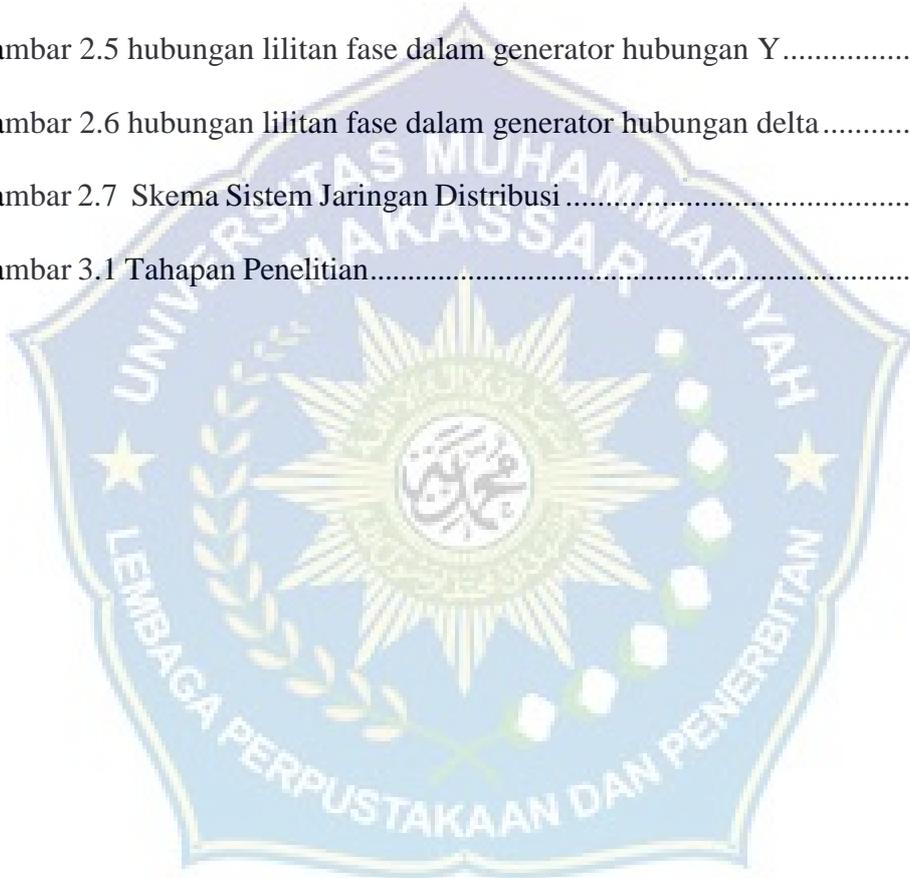
## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Name Plate Transformator .....	33
Tabel 4.1 Pengukuran Travo .....	38
Tabel 4.2 Tabel data Pembebanan pada Transformator.....	44
Tabel 4.3 Ketidakseimbangan Beban.....	44
Tabel 4.4 Efisiensi.....	45



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teori Dasar Transformator.....	9
Gambar 2.2 Trafo Distribusi .....	13
Gambar 2.3 Inti Transformator .....	14
Gambar 2.4 Tiga ggl gelombang sinus.....	16
Gambar 2.5 hubungan lilitan fase dalam generator hubungan Y.....	18
Gambar 2.6 hubungan lilitan fase dalam generator hubungan delta.....	21
Gambar 2.7 Skema Sistem Jaringan Distribusi.....	24
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	32



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada masa ini Indonesia sedang melakukan pembangunan disegala bidang, Seiring dengan kemajuan pertumbuhan pembangunan maka dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukungnya seperti tersedianya tenaga listrik, Saat ini energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat besar baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam dunia industri. Energi listrik dapat dengan mudah diangkut dan diubah menjadi bentuk energi lain. Pasokan energi listrik yang stabil dan berkesinambungan merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi untuk memenuhi kebutuhan listrik (Sentosa, dkk. 2006).

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan kemajuan pembangunan yang semakin pesat di Sulawesi Selatan akan menuntut energi listrik yang semakin besar dan lebih berkualitas, Hal ini disebabkan oleh meningkatnya aktivitas masyarakat di berbagai bidang kehidupan, baik di sektor industri maupun aktivitas rumah tangga. Peningkatan aktivitas masyarakat ini menyebabkan peningkatan kebutuhan konsumsi energi listrik. Distribusi akan terus beroperasi untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat ini. Hal ini dilakukan dengan berbagai cara, seperti membangun pusat pembangkit listrik di berbagai daerah. (Sudiarta, 2012).

Pemilihan judul “**Analisis Pembebanan Transformator Distribusi di PT. Distribusi Energi Mandiri Makassar**” ini pada dasarnya berawal dari pemadaman listrik yang bertahap yang dilakukan pihak distribusi, Pemadaman ini menimbulkan kekhawatiran besar bagi masyarakat, termasuk pelanggan industri dan perumahan, dan berdasarkan kejadian ini peneliti ingin menyelidiki faktor-faktor penyebab pemadaman tersebut. Salah satunya karena kurangnya pasokan listrik.

Ketidakeimbangan beban pada trafo menyebabkan rugi-rugi daya melalui aliran arus pada penghantar netral. Untuk mengoptimalkan beban daya agar listrik tidak terbuang percuma, peneliti melakukan studi analisis ketidakeimbangan beban pada trafo distribusi.

Penggunaan beban listrik yang tidak sesuai dengan ukuran kontrak listrik anda dapat menyebabkan efisiensi pembiayaan. Dampaknya, tagihan listrik yang harus anda bayar setiap bulannya akan tinggi. Ditambah pula dengan diberlakukannya denda penalti akibat rendahnya faktor daya khusus untuk langganan tegangan menengah, rendahnya efisiensi transformator yang berarti besarnya *losses* (rugi-rugi) dapat menyebabkan kerugian di sisi *power provider* dalam hal ini PT. distribusi energi mandiri dan konsumen terutama bagi pelanggan tegangan menengah, rendahnya efisiensi transformator dapat disebabkan oleh rendahnya faktor daya, serta rendahnya pembebanan akibat pemakaian beban *non linier* (Ermawanto, 2013)

Untuk memberikan layanan yang baik, pihak distribusi harus memperhatikan hal - hal yang dapat mengurangi kualitas energi listrik, diantaranya pemilihan transformator yang efisien dan pembebanan yang tidak seimbang, Trafo merupakan salah satu perangkat listrik yang mempunyai peranan penting dalam menyuplai energi listrik ke pelanggan. Pada saat menyalurkan energi listrik ke pelanggan, tidak seluruh energi yang dihasilkan dapat sampai ke pelanggan karena terjadi kerugian atau ketidakseimbangan pada trafo dan mengurangi efisiensi beban yang dapat mengurangi daya.

Pada dasarnya beban didistribusikan secara merata, namun ketidaksesuaian waktu penyalan beban menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada pasokan listrik. Ketidakseimbangan beban antara fasa R, S, dan T menyebabkan arus mengalir pada penghantar netral transformator (Sentosa dkk. 2006).

Mengalirnya arus di penghantar netral transformator distribusi ini dikatakan dengan rugi-rugi, Dilakukan penelitian ini supaya diketahui berapa rugi-rugi yang terjadi pada transformator distribusi di PT.distribusi energi mandiri makassar yang disebabkan ketidakseimbangan beban tersebut.

Melakukan analisa ketidakseimbangan beban trafo untuk mengetahui apa yang terjadi pada ketidakseimbangan beban trafo,mengetahui berapa besar rugi-rugi yang terjadi, dan dapat memperkirakan bagaimana cara meminimalisir ketidakseimbangan

beban tersebut. Dari uraian di atas, maka tugas akhir yang berjudul “Analisis Pembebanan Transformator Distribusi di PT. Distribusi Energi Mandiri Makassar” ini disusun dengan memilih PT. DISTRIBUSI ENERGI MANDIRI MAKASSAR sebagai pusat studi kasus.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian pada latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. distribusi energi mandiri makassar ?
2. Bagaimana efisiensi transformator distribusi di PT.distribusi energi mandiri makassar ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. distribusi energi mandiri makassar .
2. Untuk mengetahui persentase beban puncak dan besar rugi-rugi daya serta efisiensi yang terjadi akibat ketakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. distribusi energi mandiri makassar.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Pembahasan tentang transformator sangat luas. Dari itu, maka dibuat batasan masalah agar pembahasan tetap pada penelitian yaitu:

1. Hanya membahas ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi di PT. distribusi energi mandiri makassar?
2. Transformator yang dibahas yaitu transformator distribusi yang ada di PT. distribusi energi mandiri makassar?
3. Hanya membahas rugi-rugi daya dan efisiensi pada transformator distribusi di PT. distribusi energi mandiri makassar.
4. Tidak membahas tentang kerusakan transformator yang disebabkan faktor lain.
5. Tidak membahas kerugian materi akibat terjadinya rugi-rugi daya.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan teknologi, khususnya untuk pihak PT. distribusi energi mandiri makassar agar lebih teliti dalam perencanaan pembangunan transformator distribusi.
2. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan teknologi, terutama pada jurusan teknik elektro.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Studi literatur terdiri dari referensi dari buku-buku, penelitian sebelumnya, tinjauan pustaka, dan jurnal online yang relevan yang mendukung teori penyelesaian penelitian "Analisis Pembebanan Pada Transformator Distribusi" ini. Buku-buku yang digunakan sebagai referensi diperoleh dari toko buku di Makassar dan dari beberapa perpustakaan yang ada di Makassar, termasuk perpustakaan wilayah Makassar dan perpustakaan kampus universitas Muhammadiyah Makassar. Jurnal yang dijadikan referensi diperoleh dari internet. Jurnal yang digunakan harus memenuhi peraturan jurusan teknik elektro Unismuh Makassar dan PT. Distribusi Energi Mandiri Makassar terpilih sebagai pusat studi kasus.

Ketentuan ini dibuat agar hasil dari penelitian ini bisa dipertanggungjawabkan nantinya, Jurnal-jurnal tersebut meliputi tinjauan pustaka terkait dalam penelitian ini seperti berikut ini:

Tinjauan pustaka terkait adalah :

1. Peneliti Sentosa, dkk. (2006) dengan judul penelitian "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi", dalam jurnal ini membahas tentang analisis ketidakseimbangan beban terhadap arus netral pada transformator distribusi yang dilakukan di PT. PLN (Persero) Jawa Timur. Peneliti Kawihing (2013) dengan judul Pemerataan beban transformator Pada

saluran distribusi sekunde dalam jurnal penelitian ini membahas tentang akibat dari ketidakmerataan beban sistem jaringan distribusi pada transformator distribusi sekunder.

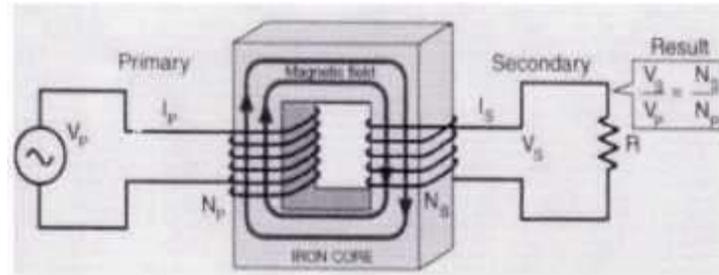
2. Peneliti Watiningsih (2012) dengan judul "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Trafo Distribusi" jurnal penelitian ini membahas tentang pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral para trafo distribusi tiang, membandingkan pemerataan beban pada siang dan malam hari.
3. Peneliti Dahlan (2009) dengan judul "Akibat Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi", jurnal penelitian ini membahas tentang akibat ketidakseimbangan beban pada trafo distribusikan.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Transformator**

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksielektromagnet dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya, Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan

primer dan kumparan sekunder. (Sentosa, dkk. 2006)



Gambar 2.1 Teori Dasar Transformator (Sumber: Ermawanto, 2013)

Gaya gerak magnet bersama yang bolak balik juga terjadi pada kumparan primer saat dihubungkan ke sumber listrik AC. Karena adanya gaya gerak magnet ini menyebabkan fluks magnet bersama di sekitar kumparan primer yang juga bolak balik. Dengan fluks magnet bersama ini, gaya gerak listrik induksi sekunder pada ujung kumparan sekunder dapat sama, lebih tinggi, atau lebih rendah dari gaya gerak listrik primer. Hal ini didasarkan pada perbandingan kumparan transformator.

### 2.2.2 Kontruksi Transformator

Kontruksi perangkat listrik statis yang disebut transformator digunakan untuk memindahkan daya dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya dengan mengubah *voltase* tanpa mengubah daya atau frekuensi. Gulungan primer transformator berfungsi untuk menerima energy listrik dari sumber tegangan yang diberikan. Gulungan sekunder adalah bagian dari transformator yang menerima energy listrik yang di induksi. Ini adalah bagian dari trafo yang menyediakan rangkaian keanggran rendah untuk jalur gaya magnet.

Perbandingan jumlah lilitan pada ke dua lilitan kumparan

mempengaruhi perbandingan perubahan tegangan. kedua gulungan diputar di sekitar inti baja lembaran berlapis dan dimasukkan ke dalam tangki trafo berisi minyak.

Jika kumparan primer di aliri arus bolak-balik maka akan timbul fluks magnet bolak balik sepanjang inti yang akan menginduksi kumparan sekunder sehingga kumparan sekunder akan menimbulkan tegangan. Jika transformator di yakini transformator ideal dimana tidak ada daya rugi-rugi pada trafo, maka daya pada kumparan primer (P1) sama dengan daya pada kumparan sekunder (P2). menurut rumus berikut, rasio belitan pada kumparan primer dan sekunder menentukan tegangan dan arus pada kumparan sekunder

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{I_S}{I_P} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana :

$N_p$  = Jumlah lilitan primer

$N_s$  = Jumlah lilitan sekunder

$V_p$  = Tegangan kumparan primer (V)

$V_s$  = Tegangan kumparan sekunder (V)

$I_s$  = Arus kumparan sekunder (A)

$I_p$  = Arus kumparan primer (A)

### 2.2.3 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip pengoperasian transformator didasarkan pada hukum *ampere* dan *faraday*: “Arus dapat menimbulkan medan magnet, dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus.” Ketika salah satu kumparan dalam

transformator diberi energi, garis-garis medan magnet yang berubah-ubah akan tercipta. Kumparan sekunder menerima garis-garis gaya magnet yang berubah ukurannya dari kumparan primer, dan induksi juga dihasilkan pada kumparan sekunder karena perbedaan tegangan antara kedua ujung kumparan. Banyaknya garis gaya (*fluks* magnet) yang masuk pada kumparan sekunder sama dengan jumlah garis gaya yang keluar dari kumparan sekunder. kumparan primer. (Surasuno, 2009)

## 2.3 Jenis-jenis Transformator

### 2.3.1 Transformator Berdasarkan Pasangan Kumparan

Transformator dapat dibedakan berdasarkan pasangan kumparan atau lilitannya menjadi:

- Transformator satu belitan
- Transformator dua belitan
- Transformator tiga belitan

Prinsip pengoperasian transformator didasarkan pada hukum *ampere* dan *faraday*: “Arus dapat menimbulkan medan magnet, dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus.” Ketika salah satu kumparan dalam transformator diberi energi, garis-garis medan magnet yang berubah-ubah akan tercipta. Kumparan sekunder menerima garis-garis gaya magnet yang berubah ukurannya dari kumparan primer, dan induksi juga dihasilkan pada kumparan sekunder karena perbedaan tegangan antara kedua ujung kumparan. Banyaknya garis gaya (*fluks* magnet) yang masuk pada kumparan sekunder sama dengan jumlah garis

gaya yang keluar dari kumparan sekunder. kumparan primer. (Surasuno, 2009).

### 2.3.2 Transformator Berdasarkan Fungsi

Menurut fungsinya transformator dibagi atas: transformator daya, transformator distribusi, transformator pengukuran, transformator elektronik.

#### a) Transformator Daya

Trafo daya adalah trafo yang digunakan untuk menyuplai tenaga listrik. Transformator daya mempunyai dua fungsi yaitu menaikkan tegangan (*boost*) dan menurunkan tegangan (*buck*). Trafo daya tidak dapat digunakan untuk mensuplai beban secara langsung karena sisi tegangan rendah masih lebih tinggi dari tegangan beban dan sisi tegangan tinggi merupakan tegangan transmisi. Trafo bertindak sebagai trafo step-up dalam sistem dimana tegangan keluaran lebih tinggi dari tegangan masukan (misalnya transmisi/distribusi daya) dan sebaliknya bertindak sebagai trafo step-down ketika tegangan keluaran lebih tinggi. tegangan masukan, misalnya pada saat menerima atau menantang kinerja (Sulasno, 2009)

#### b) Transformator Distribusi

Trafo distribusi merupakan suatu alat tenaga listrik yang berperan menyalurkan energi listrik bertegangan menengah hingga rendah kepada konsumen melalui saluran transmisi

tenaga listrik. Trafo distribusi pada dasarnya sama dengan trafo daya. Bedanya, tegangan rendah pada trafo daya bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan tinggi pada trafo distribusi. Kedua tegangan trafo distribusi tersebut untuk tegangan distribusi, yaitu distribusi tegangan menengah (TM) dan distribusi tegangan rendah (TR). Trafo distribusi digunakan untuk menyalurkan energi listrik langsung ke pelanggan (Sulasno, 2009)..

Trafo distribusi yang umum digunakan adalah trafo *step down* 20/0,4 kV, tegangan fasa-fasa sistem JTR adalah 380 Volt, karena terjadi *drop* tegangan maka tegangan rak TR dibuat diatas 380 Volt agar tegangan pada ujung beban menjadi 380 Volt, (Kawihing, dkk. 2013)

c) Transformator Ukur

Pada umumnya trafo ini di gunakan untuk mengukur arus (I) dan tegangan (V), Trafo ini trafo ini dibuat khusus untuk mengukur arus dan tegangan yang tidak mungkin bisa diukur langsung oleh *Amperemeter* atau *voltmeter* (Sulasno. 2009).

d) Transformator Elektronik

Transformator ini prinsipnya sama seperti transformator daya, tapi kapasitas daya reaktif sangat kecil. yaitu kurang 300 VA yangdigunakan untuk keperluan pada rangkaian elektronik, (Sulasno, 2009).

## 2.4 Transformator Distribusi

Transformator distribusi merupakan perangkat tenaga listrik yang bereperan dalam menyalurkan tenaga listrik kepada pelanggan dari menengah ke tegangan rendah melalui saluran transmisi. sisi primer dan sisi sekunder membentuk kedua sisi trafo distribusi ini. saluran yang menyediakan sisi sekunder dikenal sebagai sisi primer.

Tujuan pemasangan transformator distribusi adalah untuk mengurangi atau menurunkan tegangan listrik sistem distribusi tenaga listrik untuk tegangan konsumsi penggunaan konsumen. trafo step down 20 KV/400 V adalah trafo yang sering digunakan. pada sistem distribusi ini tegangan fasa ke fasa adalah 380 V, namun karena sering terjadi penurunan tegangan maka tegangan rendah di buat lebih dari 380 V agar tegangan yang di terima pelanggan atau konsumen tidak kurang dari 380 V.



Gambar 2.2 Trafo Distribusi

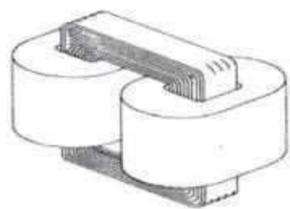
(Sumber:PT.PLN Takalar )

### 2.4.1 Kumparan

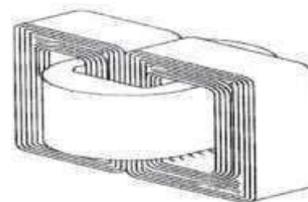
Transformator terdiri dari dua buah kumparan yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder yang mana jika pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah, Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi, Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula, Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan.

### 2.4.2 Inti Transformator

Transformator dapat secara luas di klasifikasi menjadi dua jenis tipe inti dan tipe shell. Tipe inti (*core*) terdiri dari lapisan besi berisolasi persegi panjang dengan dua sisi persegi kumparan transformator, sedangkan tipe cangkang terdiri dari lapisan inti berisolasi dan kumparan transformator dibelit di pusat inti. Jika terjadi hubung singkat, trafo dengan tipe konstruksi cangkang memberikan keandalan konstruksi inti yang unggul dalam menghadapi tekanan mekanis yang kuat. Dibawah ini merupakan gambar dari kedua jenis inti transformator.



a. Tipe inti



b. Tipe cangkang

Gambar 2.3 Inti Transformator

### **2.4.3 Bushing Transformator**

Bushing adalah metode menghubungkan jaringan liar ke satu set belitan. Sebuah konduktor dan isolator membentuk busung. Di antara konduktor busung dan transformator badan tangki utama, isolator bertindak sebagai isolator. Agar busung dapat menghubungkan kumparan trafo dengan rangkaian luar yang telah di lapiisolasi. Antara konduktor dan tangki trafo, isolator juga berfungsi sebagai sekat.

Inti atau konduktor, zat dielektrik, dan flan logam membentuk sebagian besar busung. Inti beroperasi pada tegangan tinggi dan membawa arus dari bagian dalam peralatan ke terminal bagian luar. Isolator seharusnya di bumikan ke badan perangkat dengan menggunakan flans.

## **2.5 Rangkaian Tiga Fasa,**

Rangkaian tiga fase hanyalah gabungan dari tiga rangkaian satu fase. Hubungan arus, Oleh sebab itu maka hubungan arus, tegangan dan daya dari rangkaian tiga fase seimbang dapat di pelajari dengan menggunakan aturan satu fasa akan sedikit lebih sukar daripada satu fasa. Karakteristik kerja dari tiga fasa, secara umum lebih baik daripada peralatan satu fase.

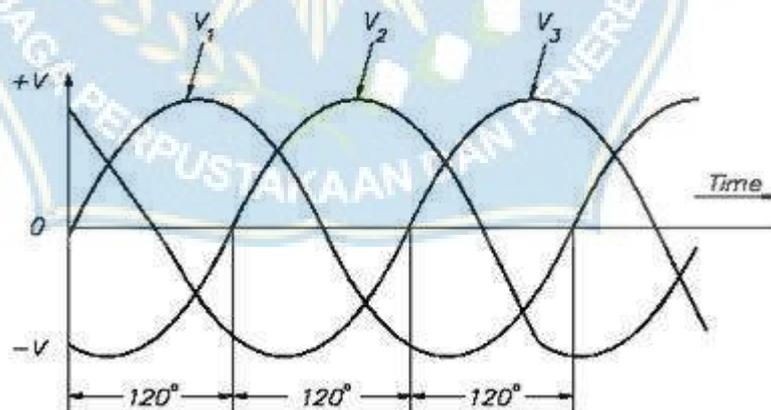
### **2.5.1 Alasan Menggunakan Rangkaian Tiga Fase**

Karakteristik kerja dari tiga fasa, secara umum lebih baik daripada peralatan satu fase. Mesin-mesin dan peralatan kendali tiga fasa lebih kecil, lebih ringan dan lebih efisien daripada peralatan satu fasa yang mempunyai nilai kapasitas yang sama. Sebagai tambahan dari keuntungan

yang diberikan oleh sistem tiga fasa adalah bahwa distribusi daya tiga fasa hanya memerlukan bahan konduktor tiga perempat dari distribusi daya satu fasa pada kapasitas daya yang sama.

### 2.5.2 Pembangkitan Gaya Gerak Listrik Tiga Fasa

Rangkaian listrik tiga afasa di beri energy oleh tiga ggl bolak balik dengan frekuensi yang sama dan berbeda fase 120 derajat listrik. Tiga gelombang sinus yang demikian di tunjukan dalam gambar .ketiga ggl ini di bangkitkan dalam tiga pasang kumparan jangkar yang terpisah dalam generator ac. Tiga pasang kumparan ini dipasang terpisah 120 derajat listrik pada jangkar generator. unjung-ujung kumparan semua di keluar dari generator untuk membentuk tiga rangkaian fasa tunggal yang terpisah. tetapi kumparan-kumparan biasanya saling dihubungkan baik dalam ataupun luar guna membentuk sistem tiga fasa kawat tiga atau kawat empat.



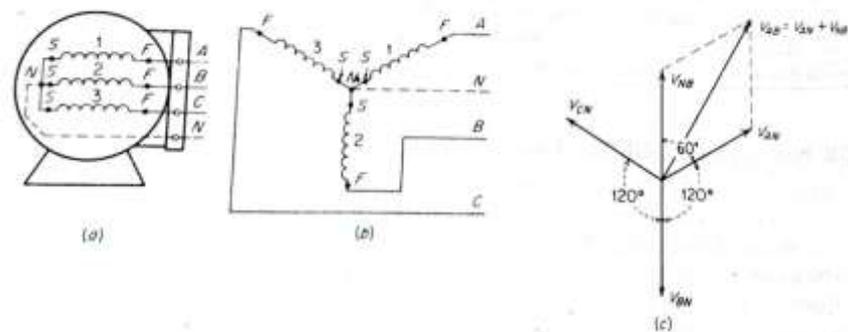
Gambar 2.4 Tiga ggl gelombang sinus yang berbeda fasa 120 derajat listrik seperti yang digunakan untuk memberi energy pada rangkaian tiga fasa .( Lister E. C.1975).

Ada dua cara hubungan kumparan generator tiga fasa, dan secara umum ada dua cara menghubungkan alat rangkaian tiga fasa yaitu hubungan Y dan hubungan delta. kebanyakan generator dihubungkan secara Y tetapi beban dapat dihubungkan baik secara Y ataupun delta.

### 2.5.3 Transformator Hubung Bintang (Y)

Gambar 2.5 mewakili tiga kumparan atau lilitan fase sebuah generator. Lilitan lilitan ini diletakkan pada permukaan jangkar sedemikian rupa sehingga ggl ggl yang dibangkitkan berbeda 120 derajat. tiap-tiap kumparan di beri huruf S dan F (*star* dan *finish*). Dalam 2.5, semua ujung kumparan yang di beri tanda S di hubungkan ke titik N yang di sebut netral dan ketiga ujung kumparan yang diberi tanda F di keluarkan ke terminal saluran A, B, dan C membentuk catu tiga fasa kawat-tiga. Tipe hubungan ini disebut hubungan Y ( hubungan bintang ), kerap kali sambungan netral dikeluarkan ke papan terminal seperti di tunjukan dalam gambar 2.5 dengan garis putus-putus, membentuk sistem tiga fase kawat empat.

Tegangan yang di bangkitkan dalam setiap fase generator ac disebut tegangan fase (symbol  $E_p$  atau  $V_p$ ). jika sambungan netral dikeluarkan dari generator, tegangan dari masing-masing terminal saluran A, B, atau C ke sambungan netral N adalah tegangan fase. Tegangan antara setiap dua dari ketiga terminal saluran A, B, atau C disebut tegangan saluran atau singkatnya tegangan saluran  $E_L$  atau  $V_L$



Gambar 2.5 (a) hubungan lilitan fase dalam generator hubungan –Y.(b) diagram konvensional hubungan-Y.(c) diagram fasor yang menunjukkan hubungan antara tegangan fase dan saluran. .( Lister, E. C.1975).

Urutan ketiga tegangan dari sistem tiga fasa disebut urutan fase atau putaran fase tegangan. Ini di tentukan oleh arah putaran generator, tetapi dapat dibalikkan diluar generator dengan menukarkan setiap dua darai kedua kawat saluran.

Sangatlah membantu jika menggambarkan diagram rangkaian hubungan Y dengan menggambarkan ketiga fasenya dalam bentuk Y seperti dalam gambar 2.5b.rangkaian gambar 2.5b benar-benar sama dengan gambar 2.5a,dengan ujung S setiap kumparannya di hubungkan ke titik netral dan ujung F di keluarkan keterminal.setelah diagram rangkaian gambar dan semua bagiannya di beri huruf, maka diagram fasor dapat digambar seperti pada gambar 2.5c. diagram fasor menunjukkan ketiga tegangan fasa  $V_{AN}$ ,  $V_{BN}$ , dan  $V_{CN}$  berbeda 120 derajat.

Haruslah diperhatikan dalam Gambar 12-2 bahwa setiap fasor diberi huruf de ngan dua subskrip. Kedua huruf tersebut menunjukkan kedua

titik di antara te gangan yang ada, dan urutan huruf-hurufnya menunjukkan polaritas relatif dari tegangan selama setengah siklus positif. Sebagai contoh, simbol VAN menunjuk- kan tegangan V antara titik A dan N dengan titik A positif terhadap titik N sela- ma setengah siklus positifnya. Dalam diagram fasor yang ditunjukkan, telah dium- pamakan bahwa terminal generatornya positif terhadap netral selma setengah siklus positif. Karena tegangan membalik setiap setengah siklus, sekarang polari tasnya dapat diperhatikan jika polaritas ini diperhatikan secara konsisten untuk semua fasenya. Haruslah diperhatikan bahwa jika untuk setengah siklus positif ditentukan polaritas titik A terhadap N (VAN), maka VNA jika digunakan pada diagram fasor yang sama haruslah digambar berlawanan, atau berbeda fase  $180^\circ$  dengan VAN

Tegangan antara setiap dua terminal saluran dari generátor yang terhubung Y adalah selisih potensial antara kedua terminal ini terhadap netral. Sebagai contoh, tegangan saluran VAB sama dengan tegangan A terhadap netral (VAN) dikurangi tegangan B terhadap netral (VAN). Untuk mengurangkan Van dari VAN, perlulah membalikkan Vax dan kemudian menjumlahkan fasor ini pada VAN. Kedua fasor VAN dan VNa panjangnya sama dan berbeda  $60^\circ$ , seperti ditunjukkan dalam Gambar 12-2c. Dapat ditunjukkan secara grafik atau dibuktikan dengan ilmu ukur bidang bahwa VAB sama dengan  $V_3$ , atau  $1,73$ , dikali harga VAN ataupun  $V_s$ . Konstruksi grafik ditunjukkan dalam diagram fasor. Oleh sebab itu dalam hubungan-Y yang seimbang,

$$V_L = \sqrt{3} V_P = 1,73 V_P \dots\dots\dots(2.2)$$

)

**2.5.4 Hubungan Arus Dalam Generator Hubungan-Y**

Arus yang mengalir ke luar ke kawat saluran dari terminal generator A, B, dan C (Gambar 2-5) harus mengalir dari titik netral N ke luar melalui kumparan generator. Maka arus dalam setiap kawat saluran (1) harus sama dengan arus dalam fase (1). Dalam hubungan Y,

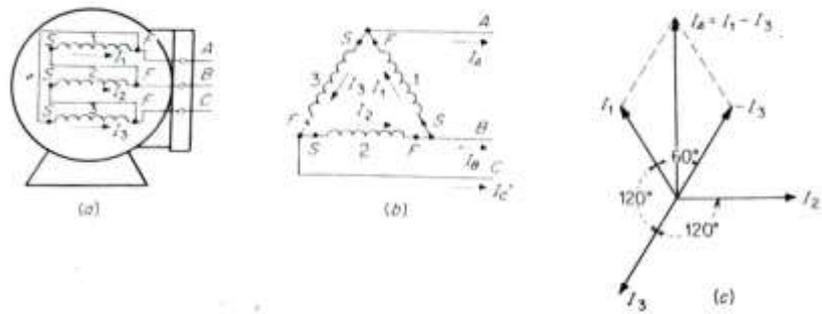
$$I_L = I_P \dots\dots\dots(2.3)$$

**2.5.5 Hubungan Tegangan dalam Generator Hubungan-Delta**

Generator hubungan-delta ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Hubungan ini dibentuk dengan menghubungkan terminal S dari satu fase ke terminal F dari fase tetangganya.maka hubungan saluran dibuat pada titik bersama antara fase seperti yang di tunjukkan.diagram rangkaian kenvensional yang mana ketiga kumparan dihubungkan seperti huruf yunani delta ( $\Delta$ ) di tunjukkan dalam gambar 2.6b. Pengamatan dari diagram menunjukkan bahwa tegangan yang di bangkitkan dalam setiap fasa juga merupakan tegangan antara dua kawat saluran.sebagai contoh,tegangan yang dibangkitkan dalam fasa 1 juga merupakan tegangan antara saluran A dan B.Oleh sebab itu dalam hubungan delta,

$$V_L = V_P \dots\dots\dots(2.4)$$

)



Gambar 2.6 (a) hubungan lilitan fase dalam generator hubungan delta. (b) diagram konvensional dari hubungan delta. (c) diagram fasor yang menunjukkan hubungan antara arus fasa dan arus saluran. (Lister, E. C.1975).

### 2.5.6 Hubungan Arus Dalam Generator Hubungan Delta

Arus dalam hubungan delta pada gambar 2.6b adalah  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $I_3$ . Diagram fasor yang menyatakan arus ini ditunjukkan dalam gambar 2.6c. Untuk menentukan arus dalam setiap kawat saluran, perlu menjumlahkan fasor arus yang mengalir dalam kedua fasa dimana kawat saluran tersebut dihubungkan. Sebagai contoh arus yang mengalir keluar menuju beban melalui saluran A haruslah

$$I_A = I_1 + (-I_3) \dots \dots \dots (2.5)$$

Karena  $I_1$  dan  $I_3$  merupakan fasor yang besarnya sama dan berbeda 60 derajat, maka jumlah fasornya adalah  $\sqrt{3}$ , atau 1,73, kali harga  $I_1$  ataupun  $-I_3$  (gambar 2.6c) oleh sebab itu dalam hubungan delta

$$I_L = \sqrt{3} I_P = 1,73 I_P \dots \dots \dots (2.6)$$

### 2.5.7 Daya Dalam Rangkaian Tiga Fase

Dari rumus daya dalam satu fasa, daya dalam setiap fasa ( $P_p$ ) baik hubungan delta maupun hubungan Y adalah

$$P_p = V_p I_p \cos \theta \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana  $\theta$  adalah sudut antara arus fasa dan tegangan fasa. maka daya yang dihasilkan dalam ketiga fasa dari hubungan tiga fasa seimbang adalah

$$P = 3P_p = 3V_p I_p \cos \theta \dots\dots\dots(2.8)$$

Tetapi dalam hubungan Y

$$I_p = I_L \text{ dan } V_p = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.9)$$

Maka daya tiga fasa dalam sistem hubungan Y yang dinyatakan dalam tegangan dan arus saluran adalah

$$\begin{aligned} P &= 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} I_L \cos \theta \dots\dots\dots(2.10) \\ &= \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta \\ &= 1,73 V_L I_L \cos \theta \end{aligned}$$

Dalam hubungan delta

$$V_p = V_L \text{ dan } I_p = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Daya tiga fasa yang dinyatakan dalam tegangan dan arus saluran adalah

$$\begin{aligned} P &= 3V_L \frac{I_L}{\sqrt{3}} \cos \theta \dots\dots\dots(2.12) \\ &= \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta \\ &= 1,73 V_L I_L \cos \theta \end{aligned}$$

Maka pernyataan untuk daya tiga fasa dalam sistem seimbang, baik

hubungan Y Tupun delta sama dengan

$$P = 1,73 V_L I_L \cos \theta \dots\dots\dots(2.13)$$

Jika  $V_P I_P \cos \theta$  adalah daya setiap fasa dalam watt, maka  $V_P I_P$  menyatakan volt amper setiap fasa. maka volt amper tiga fasa sama adengan  $3V_P I_P$ , atau  $1,73 V_P I_P$ . Hilovoltampertotal tiga fasa sistem Y ataupun delta dapat di tentukan dengan

$$\text{kVA} = \frac{1,73 V_L I_L}{1000} \dots\dots\dots(2.14)$$

factor daya sistem tiga fasa seimbang hubungan Y ataupun delta di definisikan sebagai kosinus sudut antara tegangan fasa dan arus fasa dari persamaan ( ), factor dayanya adalah

$$\text{Faktor daya} = \cos \theta = \frac{P}{1000 V_L I_L} \dots\dots\dots(2.15)$$

Atau sama dengan perbandingan daya tiga fasa dengan voltasae tiga fasa.

## 2.6 Jaringan Distribusi

Setelah diketahui arus rata-rata, maka perbandingan arus rata-rata dengan arus total dikalikan 100% untuk mencari persentase beban pada trafo distribusi yang ditulis sebagai berikut: Jaringan distribusi adalah seluruh bagian dari suatu sistem. menunjang penyaluran energi listrik dari gardu-gardu induk, klasifikasi jaringan distribusi berdasarkan strukturnya meliputi struktur jaringan radial, struktur jaringan loop, dan struktur jaringan spindle, (Bambang, dkk. 2009).

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian dari jaringan tenaga listrik. Sistem distribusi ini membantu menyalurkan energi listrik dari sumber listrik yang besar ke konsumen, Jadi fungsi distribusi tenaga



## 2.7 Arus Beban Puncak

Daya kerja pada transformator menandakan kapasitas transformator tersebut. Jika sudah diketahui rating tegangan pada sisi primer dan sekunder, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I \dots\dots\dots(2-16)$$

Dimana:

$S$  = Daya pada transformator (kVA)

$V_{LL}$  = Tegangan antar fase (V)

$I$  = Arus jala-jala pada transformator (A)

Jadi untuk menghitung arus beban puncak (full load) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_{LL}} \dots\dots\dots(2-17)$$

Dimana :

$I_{FL}$  = Arus beban penuh (A)

$S_{3\phi}$  = Daya transformator (kVA)

$V_{LL}$  = Tegangan sisi sekunder transformator(kV)

$I_{rata-rata}$  = Arus rata-rata (A)

$I$  = Arus per fase (A)

## 2.8 Ketidakseimbangan Beban Transformator

Permasalahan yang sering timbul pada sistem tiga fasa adalah beban-beban yang tidak seimbang, yang biasanya terjadi karena beban pada salah satu fasa lebih dominan dibandingkan pada ketiga fasa.

Apabila terjadi ketidakseimbangan beban antara ketiga fasa, maka akan mengakibatkan arus yang mengalir melalui kabel netral dan simpangan sudut beban pada setiap fasa tidak sama dengan  $120^\circ$ [10]. Kondisi beban seimbang maksudnya kondisi dimana :

- Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
- Ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.

Di sisi lain, keadaan tidak seimbang mengacu pada situasi di mana salah satu atau kedua kondisi keadaan seimbang tidak terpenuhi. Ada tiga kemungkinan ketidakseimbangan, yaitu:

- Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain. (Sentosa, dkk. 2006)

Ketidakseimbangan antara ketiga fasa menyebabkan arus mengalir pada kabel netral trafo. Dengan adanya arus yang mengalir melalui kabel netral trafo maka rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi sekunder akan semakin besar.. Kerugian yang terjadi akibat beban yang tidak seimbang akan berdampak besar pada pihak konsumen maupun pihak PLN. (Kawihing, dkk. 2013).

Ketidakseimbangan tegangan dapat ditentukan sebagai simpangan maksimum dari rata-rata tiga fasa tegangan dibagi dengan rata-rata

tegangan tiga fasa, dinyatakan dalam persen.

$$I_{rata-rata} = \sum I = I_A + I_B + I_C \dots\dots\dots(2.18)$$

## 2.9 Rugi-Rugi Daya Transformator Dan Efisiensi

Rugi-rugi daya adalah daya yang hilang di sepanjang jalur penyaluran tenaga listrik, hal ini dikarenakan adanya resistansi yang ada pada bahan pembentuk konduktor. pada dasarnya energi listrik yang dimasukkan ke transformator tidak sama dengan energi listrik yang dikeluarkan dari transformator tersebut, Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi yaitu adanya arus yang hilang saat melewati trafo tersebut, Rugi-rugi daya dapat dibagi menjadi dua yaitu rugi inti ( $P_i$ ) dan rugi tembaga ( $P_{cu}$ ). Pada kondisi tanpa beban, rugi-rugi yang terjadi hanyalah rugi-rugi inti. Rugi-rugi inti tidak dipengaruhi oleh perubahan beban. Besarnya rugi-rugi inti dari tanpa beban hingga beban penuh adalah sama, dengan asumsi tegangan primer tidak berubah atau konstan. (Ermawanto, 2013).

Kehadiran aliran arus pada transformator yang tidak memihak menyebabkan hilangnya daya. Berapa banyak kerugian energi yang dapat diatasi dengan menggunakan kondisi tersebut. Apabila besarnya kerugian daya diketahui, besarnya pengaruh kerugian dapat ditentukan dengan membandingkan pengaruh kerugiandaya dan pengaruh transformator.,

$$P_{cu} = \left( \frac{\text{beban } I \text{ KVA}}{\text{beban penuh KVA FL}} \right)^2 \times P_{cuFL} \dots\dots\dots(2-19)$$

Pemeriksaan kemahiran harus diselesaikan dengan tujuan agar

diketahui berapa banyak daya yang hilang pada trafo pengangkut. Estimasi produktivitas diselesaikan dengan memanfaatkan kondisi tersebut.

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara keluaran daya yang memasukkan dan daya total. 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).

Karena masukan ke transformator sama dengan keluaran daya yang berguna ditambah kerugiannya, maka persamaan efisiensi dapat ditulis dalam bentuk matematis sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2-20)$$

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

Jadi :

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

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi

$P_{in}$  = daya masukan

$P_{out}$  = daya keluaran

### 2.9.1 Rugi-Rugi Akibat Arus Netral Pada Transformator

Akibat ketidakseimbangan beban antar tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T), arus mengalir melalui netral trafo. Arus yang mengalir pada kabel netral suatu trafo menimbulkan rugi-rugi (Rusak), (Dahlan, 2013)

Rugi-rugi pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots \dots \dots (2-21)$$

Dimana:

$P_N$  = Rugi netral penghantar trafo (watt)

$I_N$  = Arus netral trafo (A)

$R_N$  = Tahanan netral penghantar trafo (ohm)

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

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G \dots \dots \dots (2-22)$$

Dimana:

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

$I_G$  = arus netral yang mengalir ke tanah (A)

$R_G$  = tahanan pembumian netral trafo (ohm)

Seperti diketahui, kerugian daya suatu saluran merupakan perkalian arus pangkat dua dengan resistansi atau reaktansi dari saluran

tersebut.

Rugi - rugi dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\text{Rugi daya nyata} = I^2 \cdot R \text{ Watt}$$

$$\text{Rugi daya reaktif} = I^2 \cdot X \text{ Watt}$$

$$\text{Rugi daya semu} = \sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X)^2}. \text{ (Bambang, dkk. 2009)}$$



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Dalam penelitian “Analisis Pembebanan Transformator Distribusi di PT.Distribusi Energi Mandiri Makassar”, penulis menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Kuantitatif adalah pengumpulan data berdasarkan pengukuran yang dilakukan sebagai bagian dari penelitian ini, dan hasil pengukurannya dilengkapi dalam bentuk matematis.

#### **3.2 Tempat Pengambilan data**

a) Tempat

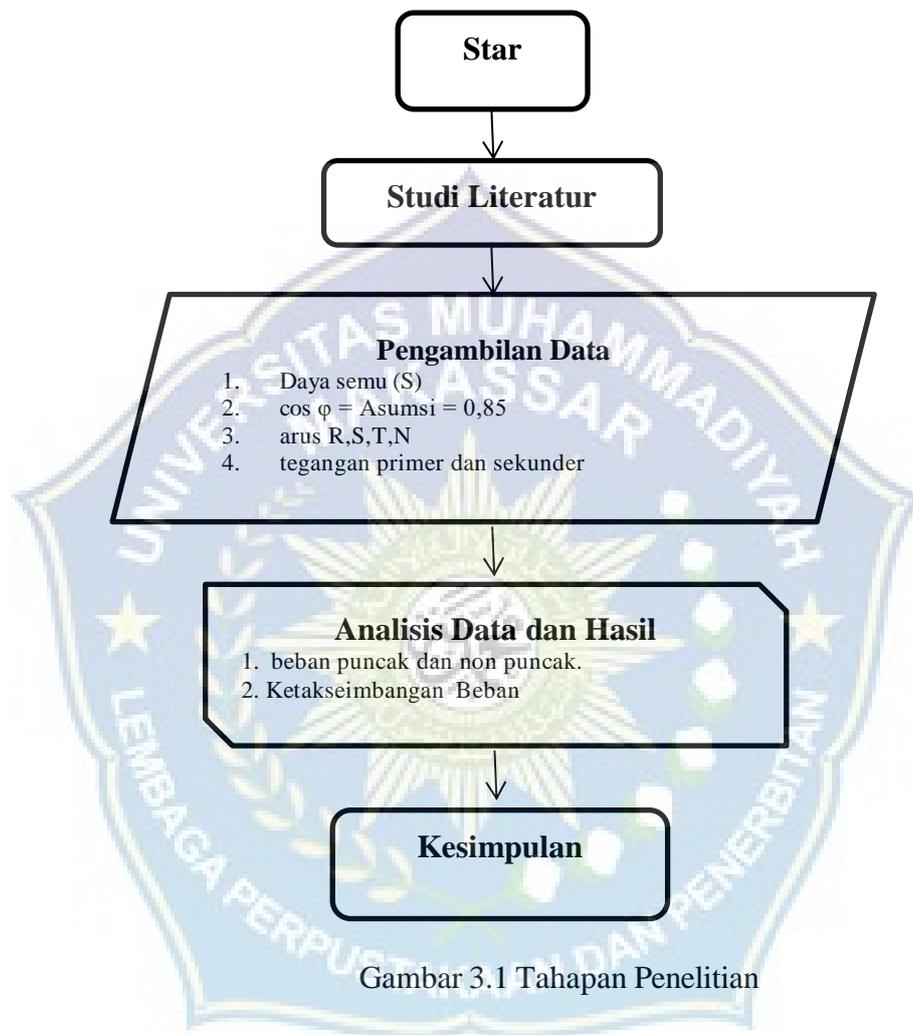
Lokasi penelitian penulisan tugas akhir ini di PT.Distribusi energi mandiri yang berada di kota makassar..

b) Pengambilan Data

Adapun data yang akan diambil adalah data trafo distribusi 3 fase pada PT. Distribusi energi mandri makassar.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut;



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

### 3.4 Studi Literatur

kajian Pustaka merupakan kumpulan referensi dari buku-buku, makalah penelitian terdahulu, dan jurnal-jurnal di Internet yang berkaitan atau dapat mendukung hasil penelitian bertajuk “Analisis Beban Trafo Distribusi”.

### 3.5 Pengambilan Data

#### 3.5.1 Data pada transformator

Dalam penelitian ini kami terlebih dahulu melakukan penelitian dengan membaca beberapa buku dan majalah yang berkaitan dengan penelitian tersebut. Kemudian mencatat data trafo yaitu 1000 kVA, pada suatu lokasi tertentu pada siang dan malam hari dan menghitung arus beban puncak, rugi-rugi daya, dan efisiensi trafo tersebut.



Gambar 3.2 Spesifikasi Trafo sesuai dengan name plate

(Sumber: PT. Distribusi Energi Mandiri)

Tabel 3.1 name plate transformator

Nomor Seri	9230885	
Tahun Produksi	1992	
Fasa	3	
Frekuensi	50 Hz	
Daya Nominal (kVA)	1000 (KVA)	
Hubungan	Primer	Sekunder

	D	Yn5
Tegangan Nominal (Volt)	21000	
	20500	
	20000	400
	19500	
	19000	
Arus Nominal (Ampere)	23,86	14,43
Impedansi		5 %
Pendingin Dengan Minyak		Mineral-Oil
Berat Transformator		3125 kg
Kapasitas Minyak		735 Liter
Tipe Pendingin		ONAN

### 3.5.2 Data Arus

Data arus ini diperlukan untuk mengetahui arus rata-rata pada fasa R, S, dan T, dan data arus titik netral diperlukan untuk mengetahui besar rugi-rugi daya yang terjadi pada trafo distribusi. Hal ini mengacu pada Gambar 3.2, yang menunjukkan arus yang mengalir melalui setiap fasa dalam kondisi beban tidak seimbang. Data terkini ini diperlukan untuk menghitung tingkat kehilangan daya.

### 3.5.3 Data Tegangan

Tegangan yang terdapat pada trafo distribusi adalah tegangan yang mengalir di masing-masing fasa dan tegangan kerja yang terdapat pada trafo dan dapat dilihat pada gambar 3.2. Data tegangan yang dibutuhkan adalah data tegangan kerja trafo, data ini di butuhkan untuk mengetahui berapa besar arus puncak dimana data ini di butuhkan merujuk persamaan (2-17).

### **3.6 Analisa Data dan Hasil**

Analisa data dilakukan setelah pengambilan data di PT. distribusi energi mandiri makassar, 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.

#### **3.6.1 Data Daya Input dan Daya Output**

Data daya masukan dan data daya keluaran diperlukan untuk memenuhi persyaratan persamaan (2.20). Dari persamaan tersebut jelas bahwa untuk menentukan efisiensi kita perlu mengetahui tingkat daya input dan output, yaitu :

#### **3.6.2 Analisis Beban Penuh**

Analisis beban transformator dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung arus beban penuh transformator menggunakan Persamaan (2-17). Rumus ini digunakan untuk menentukan arus total.

#### **3.6.3 Analisis Ketakseimbangan Beban Transformator**

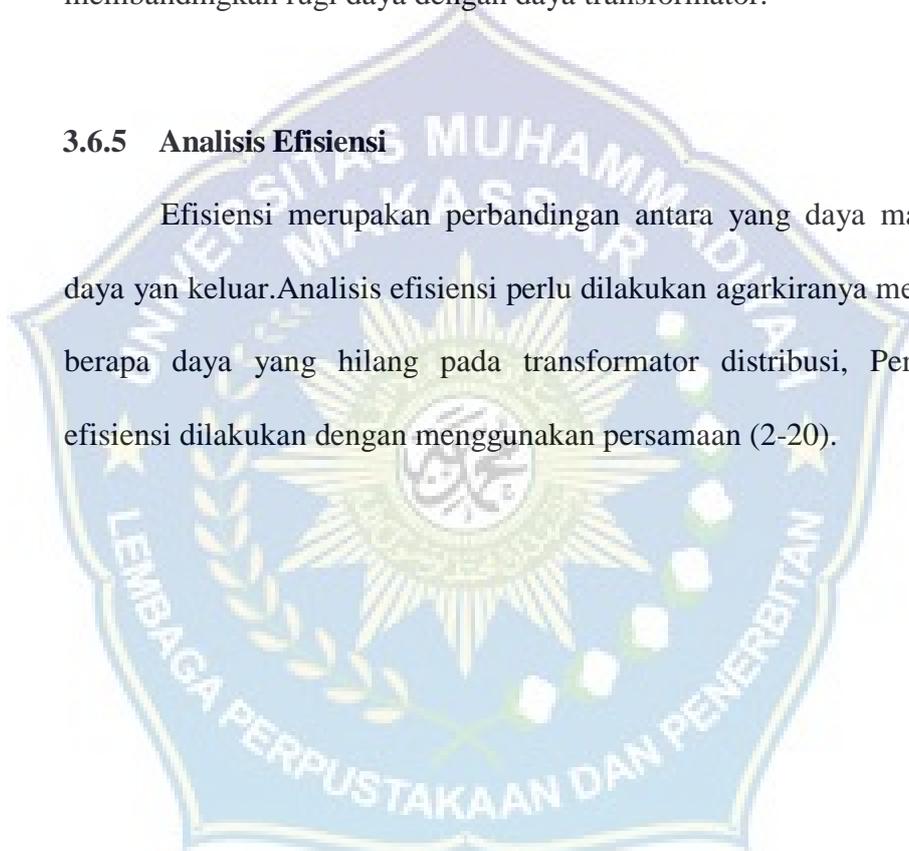
Dengan menggunakan koefisien keseimbangan beban yaitu  $a = b = c = 1$ , maka arus rata-rata adalah arus fasa dalam keadaan seimbang, Jadi untuk mengetahui berapa besar ketidakseimbangan beban digunakan persamaan (2-18) sebagai berikut:

### 3.6.4 Analisis Rugi-rugi Daya

Adanya arus yang mengalir di netral transformator mengakibatkan rugi-rugi daya. Besarnya rugi daya dapat kita ketahui dengan menggunakan persamaan (2-19) dan (2-21) . Setelah diketahui besar rugi daya, maka persentase rugi-rugi daya dapat dihitung dengan membandingkan rugi daya dengan daya transformator.

### 3.6.5 Analisis Efisiensi

Efisiensi merupakan perbandingan antara yang daya masuk dan daya yan keluar. Analisis efisiensi perlu dilakukan agarkiranya mengetahui berapa daya yang hilang pada transformator distribusi, Perhitungan efisiensi dilakukan dengan menggunakan persamaan (2-20).



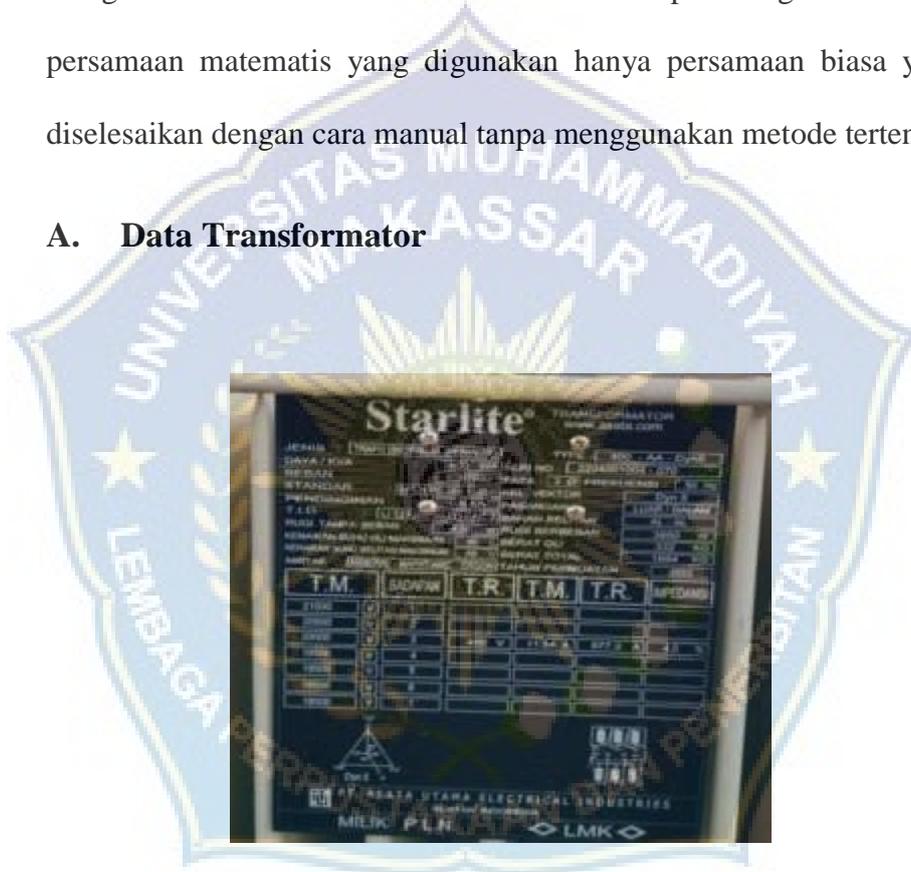
## BAB IV

### ANALISIS DATA DAN HASIL

#### 4.1 ANALISIS DATA

Dalam menganalisis data yang telah didapat dari di PT. distribusi energi mandiri makassar ini dilakukan secara perhitungan manual karena persamaan matematis yang digunakan hanya persamaan biasa yang bisa diselesaikan dengan cara manual tanpa menggunakan metode tertentu.

##### A. Data Transformator



Merek trafo : *Starlite*

Daya : 400 kVA

Frekuensi :50 Hz

Fasa : 3

Cos  $\phi$  : 0,85

Impedansi: 4 %

Rugi inti : 430 watt

Rugi tembaga : 3850 watt

Pengukuran siang hari pukul 12.59		Pengukuran malam hari pukul 00.30	
Arus fase R	4,79 A	Arus fase R	11,25 A
Arus fase S	3,79 A	Arus fase S	9,61 A
Arus fase T	7,08 A	Arus fase T	10,31 A
Arus N	1,14 A	Arus N	2,21 A
Tegangan Fase RS	400 V	Tegangan Fase RS	390 V
Tegangan fase RT	400 V	Tegangan fase RT	390 V
Tegangan Fase ST	400 V	Tegangan Fase ST	390 V

Tabel 4.1 Pengukuran Travo

Dari tabel diatas dapat terlihat ketidakseimbangan beban yang terjadi di masing-masing fasa, jadi dapat terlihat bahwa terjadi ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi di Sulawesi Selatan khususnya di PT. distribusi energi mandiri makassar. Dimana dari tabel terlihat bahwa pemakaian listrik lebih banyak terjadi malam hari dibandingkan siang hari.

**a. Analisis Beban Puncak pada Trafo**

$$I_{fL} = \frac{s}{\sqrt{3}xV}$$

$$= \frac{400.000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400} = 92,37 \text{ A}$$

$$I_{\text{rata-rata siang}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{4,79 + 3,79 + 7,08}{3} = 5,22 \text{ A}$$

$$I_{\text{rata-rata malam}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{11,25 + 9,61 + 10,31}{3} = 10,39 \text{ A}$$

Jadi beban puncak pada transformator terjadi pada malam hari

**b. Presentase Beban, S(%)**

1. Beban pada siang hari:

$$= \frac{I_{\text{rata-rata siang}}}{I_{\text{full load}}} = \frac{5,22}{92,37} \times 100\% = 5,65\%$$

$$\text{Atau : } 400.000 \times 5,65\% = 22 \text{ kVA}$$

2. Beban pada malam hari:

$$= \frac{I_{\text{rata-rata malam}}}{I_{\text{full load}}} = \frac{10,39}{92,37} \times 100\% = 11,24\%$$

$$\text{Atau} = 400.000 \times 11,24\% = 44 \text{ kVA}$$

**c. Analisis Ketidakseimbangan**

1. Ketidakseimbangan Beban Siang Hari

$$\text{Fase A : } \frac{I_R}{I_{\text{rata-rata}}} = \frac{4,79}{5,22} = 0,91 \text{ A}$$

$$\text{Fase B : } \frac{I_S}{I_{\text{rata-rata}}} = \frac{3,79}{5,22} = 0,72 \text{ A}$$

$$\text{Fase C : } \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{7,08}{5,22} = 1,35 \text{ A}$$

$$\text{Rata-rata ketidakseimbangan } \frac{a+b+c}{3} = \frac{0,91+0,72+1,35}{3} = 0,99 \text{ A}$$

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

$$= \frac{\{|0,91-1|+|0,72-1|+|1,35-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{0,09+0,28+0,35}{3} \times 100\% = 24 \%$$

## 2. Ketidakseimbangan Beban Malam Hari

$$\text{Fase A : } \frac{I_R}{I_{rata-rata}} = \frac{11,25}{10,39} = 1,08 \text{ A}$$

$$\text{Fase B : } \frac{I_S}{I_{rata-rata}} = \frac{9,61}{10,39} = 0,92 \text{ A}$$

$$\text{Fase C : } \frac{I_T}{I_{rata-rata}} = \frac{10,31}{10,39} = 0,99 \text{ A}$$

$$\text{Rata-rata ketidakseimbangan } \frac{a+b+c}{3} = \frac{1,08+0,92+0,99}{3} = 0,99 \text{ A}$$

Jadi persentase ketidakseimbangan beban adalah:

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

$$= \frac{\{|1,08-1|+|0,92-1|+|0,99-1|\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{0,08+0,08+0,01}{3} \times 100\% = 5,66 \%$$

#### d. Perhitungan Arus Netral

Ketika ketidakseimbangan beban yang ada pada transformator terjadi ini akan menyebabkan munculnya arus netral. Arus netral merupakan arus yang mengalir pada kawat netral pada sistem jaringan distribusi tegangan rendah. Pada umumnya nilai arus netral sendiri akan bernilai nol jika beban pada setiap fase seimbang dan apabila beban transformator tidakseimbang maka arus netralnya dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut.

##### 1. Pada Siang Hari

$$I_N = I_R \angle 0^\circ + I_S \angle 240^\circ + I_T \angle 120^\circ$$

$$I_R = 4,79 \angle 0^\circ = 4,79 + j 0$$

$$I_S = 3,79 \angle 240^\circ = -1,895 - j 3,28$$

$$I_T = 7,08 \angle 120^\circ = - 3,54 + j 6.13128$$

$$I_N = I_R \angle 0^\circ + I_S \angle 240^\circ + I_T \angle 120^\circ$$

$$= 4,79 \angle 0^\circ + 3,79 \angle 240^\circ + 7,08 \angle 120^\circ$$

$$= 4,79 -1,895 - j 3,28 - 3,54 + j6.13128$$

$$= - 0,645 + j 2.85128$$

$$= 2,859 \angle 102,7^\circ \text{ A}$$

## 2. Pada Malam Hari

$$I_N = I_R \angle 0^\circ + I_S \angle 240^\circ + I_T \angle 120^\circ$$

$$I_R = 11,25 \angle 0^\circ = 11,25 + j0$$

$$I_S = 9,61 \angle 240^\circ = -4,805 + j8,32226$$

$$I_T = 10,31 \angle 120^\circ = -5,155 + j8,92846$$

$$\begin{aligned} I_N &= I_R \angle 0^\circ + I_S \angle 240^\circ + I_T \angle 120^\circ \\ &= 11,25 \angle 0^\circ + 9,61 \angle 240^\circ + 10,31 \angle 120^\circ \\ &= 11,25 - 4,81 - j8,32226 - 5,155 + j8,92846 \\ &= 1,285 - j0,6062 \\ &= 1,4281 \angle -24,7^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

## B. Menghitung Rugi Daya dan Efisiensi Transformator

Rugi inti,  $P_i = 430/1000 = 0,43 \text{ KW}$ , dan rugi tembaga pada beban penuh  $3850/1000 = 3,85 \text{ KW}$

### 1. Siang Hari

Rugi daya dan efisiensi pada transformator

$$P_{CU} = \left( \frac{\text{beban } i \text{ KVA}}{\text{beban penuh } KVA_{FL}} \right)^2 \times P_{CUFL}$$

$$P_{CU} = \left( \frac{22}{400} \right)^2 \times 3,85 = 0,0117 \text{ kw}$$

Sehingga rugi total,

$$P_{total} = P_{cu} + P_i = 0,0117 + 0,43 = 0,4417 \text{ kW}$$

Daya masuk pada beban 22 kVA,  $P_{in} = \text{beban } i \text{ kVA} \times \cos \phi + P_{total}$

$$P_{in} = 22 \times 0,85 + 0,4417 = 19,1417 \text{ kW}$$

Daya keluar pada beban 22 kVA,  $P_{out} = \text{beban } i \text{ kVA} \times \cos \phi$

$$P_{out} = 22 \times 0,85 = 18,7 \text{ kW}$$

$$\text{Efisiensi } n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{18,7}{19,1417} \times 100\% = 97,66 \%$$

## 2. Malam Hari

Rugi daya dan efisiensi pada transformator

$$P_{cu} = \left( \frac{\text{beban } i \text{ KVA}}{\text{beban penuh KVA FL}} \right)^2 \times P_{cuFL}$$

$$P_{cu} = \left( \frac{44}{400} \right)^2 \times 3,85 = 0,0466 \text{ kW}$$

Sehingga rugi total,

$$P_{total} = P_{cu} + P_i = 0,0466 + 0,43 = 0,4766 \text{ kW}$$

Daya masuk pada beban 44 kVA,  $P_{in} = \text{beban } i \text{ kVA} \times \cos \phi + P_{total}$

$$P_{in} = 44 \times 0,85 + 0,4766 = 37,877 \text{ kW}$$

Daya keluar pada beban 44 kVA,  $P_{out} = \text{beban i kVA} \times \cos \phi$

$$P_{out} = 44 \times 0,85 = 37,4 \text{ kW}$$

$$\text{Efisiensi } n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{37,4}{37,877} \times 100\% = 98,74 \%$$

## 4.2 Hasil

Dari analisis yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa trafo yang ada di Sulawesi Selatan khususnya pada PT.distribusi energi mandiri makassar 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 Tabel 4 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 tabel data pembebanan pada transformator

Waktu	Ir (A)	Is (A)	It (A)	I rata-rata (A)	Presentase 100%
Siang Hari	4,79	3,79	7,08	5,22	5,65
Malam hari	11,25	9,61	10,31	10,39	11,24

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 11,24%.

Tabel 4.3 Ketidakseimbangan Beban

Waktu	A(A)	B(A)	C(A)	Ketidakseimbangan rata-rata (A)	Persentase %
Siang hari	0,91	0,72	1,35	0,99	24
Malam hari	1,08	0,92	0,99	0,99	5,66

Dari tabel 4.3 menunjukkan bahwa ketidakseimbangan beban rata-rata terjadi pada malam hari sebesar 0,99 A dan persentase ketidakseimbangan beban sebesar 5,66%.

Tabel 4.5 Efisiensi

Waktu	Pin(kW)	Pout(kW)	Efisiensi(%)
Siang hari	19,141	18,7	97,68
malam hari	37,876	37,4	98,74

Dari tabel 4.5 terlihat bahwa efisiensi trafo lebih besar pada malam hari yaitu sebesar 98,74%, Hal ini terjadi karena pemakaian beban lebih banyak terjadi pada malam 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

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

1. Trafo distribusi yang ada di PT.distribusi energi mandiri dalam keadaan tidak seimbang karena arus yang mengalir di masing-masing fasa berbeda, dan ketidakseimbangan beban lebih besar terjadi pada malam hari, dimana pada persentase ketidakseimbangan beban transformator pada malam hari adalah 5,66%,
2. Beban puncak terjadi pada malam hari dimana persentase beban adalah 11,24%. Rugi-rugi daya lebih besar terjadi pada malam hari dibandingkan pada siang hari yaitu sebesar = 0,476 kW. Dan efisiensi transformator distribusi ini cukup besar yaitu 98,74 % pada malam hari. Efisiensi akan semakin besar apabila daya masuk dan daya keluar tidak mempunyai selisih yang besar atau efisiensi akan besar apabila rugi rugi daya semakin kecil.

#### B. Saran

1. 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*).

2. Bagi yang ingin meneruskan penelitian ini diharapkan agar peneliti bisa memberikan cara untuk mengatasi supaya ketidakseimbangan beban tidak terjadi ataupun ketidakseimbangan beban dapat diminimalisir.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aprilian P. Kawihing, dkk. 2013, “Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder” ,[online], [ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom / article/ download/ 920/736](http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/download/920/736). (diakses 16 april 2024)
- DimasMahardhika,dkk.2010,“PengembanganTransformatorDistribusiBerdasarkanPertumbuhanBebanTahun20122016diUPJBatang”,[online],[ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi/article/download3605/pdf](http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi/article/download3605/pdf). (diakses 1 mei 2024)
- Dahlan, 2009, “Akibat Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan LossesPadaTransformatorDistribusi,[online],[http://eprints.umk.ac.id/77/1/Akibat\\_Ketidakseimbangan\\_Beban\\_Terhadap.pdf](http://eprints.umk.ac.id/77/1/Akibat_Ketidakseimbangan_Beban_Terhadap.pdf).(diakses 11 april 2024).
- Ermawanto, 2013, “Analisa Berlangganan Listrik Antara Tegangan Menengah (TM) Dengan Tegangan Rendah (TR) dan Analisa Efisiensi Trafo Dalam RangkaKonservasiEnergiKampusUNDIPTembalang”,[online],<http://eprints.undip.ac.id/25715/1/ML2F001595.pdf>.(diakses 05 april 2024)
- Kawihing, A. P., Tuegeh, M., Patras, L. S., & Pakiding, M. (2013). Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder. *jurnal teknik elektro dan komputer*, 2(1).
- Kadir, Abdul, Prof. Ir, 1986, *Transformator*, Jakarta, PT. Elex Media Komputindo Gramedia.
- Pabla, A.S., Abdul Hadi. Ir, 1991, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Jakarta, Cetakan Kedua, Penerbit Erlangga.
- Lister, E. C. (1975). *Electric circuits and machines*. McGraw-Hill Companies.
- Majid, W. R., Syarsal, S., Hafid, A., & Faharuddin, A. (2024). Analisis Efisiensi

Tranformator Distribusi 160 kVA di PT. PLN (PERSERO) ULP MATTOANGING. Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi, 2(7), 13-31.

MUCHARAM, L. N. (2019). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi 200 kVA (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).

Osahenvemwen,O.A.,M.E.Okhumeode, and S. Emakpor. "The effects of unbalanced load in power distribution sub-station network." American Journal of Sciences and Engineering Research 3.5 (2024): 1-11.

Sentosa, 2006, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi", PT. PLN (persero), Surabaya, [online], [puslit.petra.ac.id/journals/request.php?PublishedID=ELK07070202](http://puslit.petra.ac.id/journals/request.php?PublishedID=ELK07070202) (diakses 11 april 2024).

Sulasno, I. (2009). Teknik konversi energi listrik dan sistem pengaturan. Diakses pada, 15 April 2024.

Watiningsih, 2012, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral danlossespadatrafodistribusi",[online],<http://ejournal.unwiku.ac.id/index.php/jte/article/download/169/48>.(diakses 16 April 2024).

## LAMPIRAN



Gambar L. Pengukuran pada arus fasa T



Gambar L. Pengukuran pada arus fasa R



Gambar L. Pengukuran pada arus fasa S



Gambar L. Pengukuran pada arus fasa N

a. transformator



b. Pengukuran pembebanan pada transformator













**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : <https://teknik.unismuh.ac.id>, Email : [teknik@unismuh.co.id](mailto:teknik@unismuh.co.id)



**Kampus  
Merdeka**  
INDONESIA JAYA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Nomor : 253/05/C.4-VI/III/45/2024

Makassar, 24 Sya'ban 1445 H

Lamp. : -

05 Maret 2024 M

Hal : **Permintaan Data Dalam Penyelesaian Tugas Akhir**

Kepada yang Terhormat Bapak/Ibu,  
**Pimpinan PT. DISTRIBUSI ENERGI MANDIRI**

Di -  
 Tempat

*Assalamu 'Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Dengan Rahmat Allah SWT, sehubungan dengan rencana penelitian tugas akhir, mahasiswa Universitas Muhammadiyah Makassar tersebut di bawah ini :

No	NIM	NAMA	JUDUL
1	10582 11010 17	Arifuddin	ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. DISTRIBUSI ENERGI MANDIRI
2	10582 11124 17	Reynaldi Ruslan	

Untuk Keperluan diatas, kiranya dapat diberikan izin untuk Pengambilan Data selama 1 minggu guna keperluan penelitian, Dengan Data Sebagai Berikut:

1. Data cos phi (asumsi = 0,85)
2. Data arus R, S, T, N
3. Data efisiensi beban puncak dan non puncak
4. Data ketidakseimbangan beban

Data di atas diperlukan dalam rangka penyelesaian Tugas Akhir pada Fakultas Teknik Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

Demikian permohonan kami atas perhatian dan kerjasama Bapak/Ibu di haturkan banyak terima kasih.

*Jazakumullah Khaeran Katsiran*

*Wassalamu 'Alaikum warahmatullah Wabarakatuh*



Wakil Dekan I,

**Her Muhsyafaat S Kuba, S.T, M.T /**  
 NIDN: 975 288

Tembusan: Kepada Yang Terhormat,

1. Wakil Dekan I Fakultas Teknik
2. Ketua Prodi Teknik Elektro
3. Tata Usaha

Bab I Arifuddin / Reynaldi  
Ruslan 105821101017 /  
105821112417

by Tahap Tutup



Submission date: 22-May-2024 11:30AM (UTC+0700)  
Submission ID: 2385390498  
File name: BAB\_1\_ARIFUDDIN\_fiks.docx (27,73K)  
Word count: 763  
Character count: 5297

Bab I Arifuddin / Reynaldi Ruslan 105821101017 /  
105821112417

ORIGINALITY REPORT

9% SIMILARITY INDEX  
4% INTERNET SOURCES  
4% PUBLICATIONS  
5% STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

- |   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Submitted to Universiti Malaysia Perlis<br>Student Paper   | 2% |
| 2 | www.coursehero.com<br>Internet Source  | 2% |
| 3 | Hamiles Leonardo Latupeirissa<br>Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus<br>Netral dan Losses Daya Pada Trafo<br>Distribusi", JURNAL SIMETRIK, 2017<br>Publication | 2% |
| 4 | repository.its.ac.id<br>Internet Source  | 2% |
| 5 | Submitted to STT PLN<br>Student Paper  | 2% |

Exclude quotes  Off  
Exclude bibliography  Off

Exclude matches  < 2%

Bab II Arifuddin / Reynaldi  
Ruslan 105821101017 /  
105821112417

by Tahap Tutup



Submission date: 22-May-2024 11:31AM (UTC+0700)

Submission ID: 2385391015

File name: BAB\_2\_ARIFUDDIN\_fks.docx (423.63K)

Word count: 3792

Character count: 23973

ORIGINALITY REPORT

15%  
SIMILARITY INDEX

20%  
INTERNET SOURCES

8%  
PUBLICATIONS

11%  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	5%
2	123dok.com Internet Source	3%
3	repositori.kemdikbud.go.id Internet Source	3%
4	vdocuments.site Internet Source	3%
5	ejournal-polnam.ac.id Internet Source	2%

Exclude quotes  Off  
Exclude bibliography  Off

Exclude matches < 2%

Bab III Arifuddin / Reynaldi  
Ruslan 105821101017 /  
105821112417

by Tahap Tutup



Submission date: 22 May 2024 11:31:46 (UTC+0700)

Submission ID: 2385391193

File name: BAB\_3\_ARIFUDDIN\_105821101017.docx (1312.41KB)

Word count: 600

Character count: 3782

Bab III Arifuddin / Reynaldi Ruslan 105821101017 / 105821112417

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

eprints.unm.ac.id

Internet Source

4%

2

text-id.123dok.com

Internet Source

2%

Exclude quotes

Exclude bibliographies

Exclude matches



Bab IV Arifuddin / Reynaldi  
Ruslan 105821101017 /  
105821112417

by Tahap Tutup



Submission date: 22-May-2024 11:32AM (UTC+0700)

Submission ID: 2385391754

File name: BAB\_4\_ARIFUDDIN\_fiks.docx (145.14K)

Word count: 517

Character count: 4934

Bab IV Arifuddin / Reynaldi Ruslan 105821101017 / 105821112417

ORIGINALITY REPORT

8%  
SIMILARITY INDEX

8%  
INTERNET SOURCES

0%  
PUBLICATIONS

0%  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.umsu.ac.id Internet Source	5%
2	eprints.polbeng.ac.id Internet Source	3%

Exclude quotes 0%

Exclude bibliography 0%



Bab V Arifuddin / Reynaldi  
Ruslan 105821101017 /  
105821112417

by Tahap Tutup

Submission date: 22 May 2024 11:52AM (UTC+0700)

Submission ID: 2785392684

File name: BAB 5 ARIFUDDIN\_fak.docx (27.16K)

Word count: 412

Character count: 3578

Bab V Arifuddin / Reynaldi Ruslan 105821101017 /  
105821112417

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

2%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universitas Muhammadiyah  
Surakarta

Student Paper

3%

2

digilibadmin.unismuh.ac.id

Internet Source

2%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches

2%

