

**STUDI ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN  
TERHADAP KINERJA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan  
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

**Oleh :**

**FUADDI**

**NPM : 1410017111025**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**PADANG**

**2019**

**LEMBARAN PENGESAHAN**  
**STUDI ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN**  
**TERHADAP KINERJA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S-1)*  
*Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri*  
*Universitas Bung Hatta*

*Oleh :*

**FUADDI**  
**1410017111025**

*Disetujui Oleh :*

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc EE.**

**NIK : 201 810 683**

**Ir. Arzul, M.T.**

**NIK : 941 100 396**

*Diketahui Oleh :*

**Fakultas Teknologi Industri**

**Dekan,**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Ketua,**

**Dr. Hidayat, S.T,M.T, IPM.**

**NIK : 960 700 420**

**Ir. Yani Ridal, M.T.**

**NIK : 910 300 329**

**PERSETUJUAN PENGUJI****“ STUDI ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN  
TERHADAP KINERJA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI “****SKRIPSI**

**FUADDI**  
**1410017111025**

**Dipertahankan di depan Penguji Skripsi**  
**Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro**  
**Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang**  
**Hari : Senin, Tanggal : 18 Februari 2018**

No	Nama	Tanda Tangan
1.	<b><u>Dr. Ir. Ija Darmana, M.T., IPM.</u></b> (Ketua)	.....
2.	<b><u>Ir. Yani Ridal, M.T.</u></b> (Penguji)	.....
3.	<b><u>Mirza Zoni, S.T., M.T.</u></b> (Penguji)	.....
4.	<b><u>Ir. Arzul, M.T.</u></b> (Pembimbing)	.....

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini dengan judul “*Studi Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Kinerja Transformator Distribusi*”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar ke sarjana (Strata-1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang. Dalam menyusun Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

- **Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc EE. (Pembimbing I)**
- **Ir. Arzul, MT. (Pembimbing II)**

Yang telah mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dan terima kasih juga kepada :

1. Bapak Dr. Hidayat, S.T, M.T.,IPM selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
2. Bapak Ir. Yani Ridal, M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
3. Ibu Ir. Arnita, M.T selaku Penasehat Akademis.
4. Bapak / Ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
5. Seluruh teman-teman Teknik Elektro 2014 (14Ampere) yang telah memberikan semangat dan dorongan selama ini, serta senior yang telah memberikan masukan dan bantuannya.

6. Teristimewa kepada kedua orang tua yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayangnya hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam meraih setiap cita dan harapan.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan Skripsi ini namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam penelitian ini. Oleh karena itu sumbangan, gagasan, kritikan, saran dan masukan yang membangun akan penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, Februari 2019

Penulis

## INTISARI

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi, yang diakibatkan oleh beban masing-masing fasa masalah pada beban tegangan rendah yang tidak merata, Akibat dari ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di netral transformator. Arus yang mengalir di netral transformator ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi) pada transformator, yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator, dan *losses* (rugi-rugi) akibat arus netral yang mengalir ke tanah. Akibat *losses* (rugi-rugi) yang terjadi menyebabkan turunnya efisiensi dari kinerja transformator dalam menyalurkan daya. Metode yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan pencarian literatur dan referensi terkait dengan analisa ketidakseimbangan beban. Setelah pengumpulan referensi kemudian di lanjutkan dengan pengambilan data penelitian dengan cara mengikuti prosedur dari pihak instansi. tahapan selanjutnya adalah melakukan perhitungan dan menganalisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap kinerja transformator distribusi tersebut. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis selama satu minggu dan dalam satu tahun dapat disimpulkan *losses* terbesar pada transformator selama satu minggu terjadi pada hari Selasa jam 20:00 sebesar 3,65 kW dan efisiensi transformator sebesar 97,46%. Sedangkan *losses* terbesar pada transformator dalam satu tahun terjadi pada bulan Februari 3,34 kW dan efisiensi transformator sebesar 97,68%.

**Kata kunci** : ketidakseimbangan beban, arus netral, *losses*(rugi-rugi), efisiensi transformator.

## ABSTRACT

The load imbalance in an electric power distribution system always occurs, which is caused by the load of each phase problem at an uneven low voltage load. As a result of this load imbalance currents appear in the transformer neutral. The current flowing in the neutral transformer causes losses on the transformer, namely losses due to the presence of neutral currents on the transformer neutral conductor, and losses due to neutral currents flowing to the ground. As a result of losses that occur causes a decrease in the efficiency of the performance of the transformer in channeling power. The method carried out in this study begins with the search for literature and references related to the analysis of load imbalances. After collecting references, then proceed with taking research data by following the procedures from the agency. the next step is to calculate and analyze the effect of load imbalances on the performance of the distribution transformer. After calculation and analysis for one week and in one year it can be concluded that the biggest losses in the transformer for one week occurred on Tuesday at 20:00 at 3.65 kW and transformer efficiency by 97.46%. While the biggest losses in transformers in one year occurred in February 3.34 kW and transformer efficiency was 97.68%.

Keywords: load imbalance, neutral current, losses, transformer efficiency.

## **DAFTAR ISI**

**LEMBARAN PENGESAHAN**

**PERSETUJUAN PENGUJI**

**KATA PENGANTAR**

**INTISARI**

**ABSTRACT**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR TABEL**

**DAFTAR GAMBAR**

**DAFTAR NOTASI**

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-2
1.3 Batasan Masalah	I-2
1.4 Tujuan Penelitian	I-2
1.5 Manfaat Penelitian	I-2
1.6 Sistematika Penulisan	I-3

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Tinjauan Penelitian	II-1
2.2 Landasan Teori	II-2
2.2.1 Transformator	II-2
2.2.2 Prinsip Kerja Transformator	II-4
2.2.3 Bagian-bagian Transformator	II-7
2.2.4 Kontruksi Transformator	II-10
2.2.5 Jenis Fasa Trgangan Transformator	II-11
2.2.6 Hubungan Lilitan Transformator	II-12
2.2.6.1 Hubungan Bintang	II-12



2.2.6.2 Hubungan Delta	II-13
2.2.6.3 Hubungan Zig-Zag	II-14
2.2.6.4 Vektor Group Transformator	II-15
2.2.7 Kerugian Dalam Transformator	II-17
2.2.8 Ketidakseimbangan Beban	II-17
2.2.9 Losses (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral Pada Penghantar Netral Transformator	II-19
2.2.10 Efisiensi	II-21
2.2.11 Karakteristik listrik dari saluran transmisi	II-21
2.3 Hipotesis	II-22

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Metode Penelitian	III-1
3.2 Alat Penelitian	III-1
3.3 Metode Penyelesaian	III-2
3.3.1 Analisa Pembebanan Transformator	III-2
3.3.2 Analisa Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator	III-3
3.3.3 Analisa Losses Pada Transformator	III-3
3.3.4 Analisa Efisiensi Transformator	III-3
3.4 Flowchart Penelitian	III-4
3.5 Deskripsi dan Sistem Penelitian	III-5

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Deskripsi Penelitian	IV-1
4.2 Pengumpulan Data	IV-1
4.2.1 Data Transformator Distribusi 160 kVA	IV-1
4.3 Perhitungan Dan Analisis	IV-3
4.3.1 Perhitungan Transformator selama satu minggu	IV-3
4.3.1.1 Hari Senin	IV-3
4.3.2 Perhitungan Transformator dalam satu tahun	IV-13
4.3.2.1 Bulan Februari	

4.4 Pembahasan	IV-19
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran beban transformator 160 kVA selama satu Minggu	IV-2
Tabel 4.2 Data hasil pengukuran beban transformator 160 kVA dalam satu Tahun	IV-2
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran dan hasil perhitungan ketidakseimbangan beban Losses dan efesiensi transformator selama satu minggu	IV-16
Tabel 4.4 Hasil pengukuran dan hasil perhitungan ketidakseimbangan beban Losses dan efesiensi transformator dalam satu tahun	IV-18

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk Transformator	II-2
Gambar 2.2. Pinsip kerja transformator dengan kumparan primer dan kumparan sekunder	II-4
Gambar 2.3. Rangkaian Ekuivalen Transformator	II-5
Gambar 2.4. Inti Besi ( <i>Electromacnetic Circuit</i> )	II-7
Gambar 2.5. Belitan Transformator tiga fasa	II-8
Gambar 2.6. Kontruksi Transformator tipe inti	II-10
Gambar 2.7. Kontruksi Transformator tipe cangkang	II-10
Gambar 2.8. Transformator satu fasa	II-11
Gambar 2.9. Transformator tiga fasa	II-12
Gambar 2.10. (a) Rangkaian Hubungan Bintang dan (b) Diagram Fasor Rangkaian Hubungan Bintang	II-12
Gambar 2.11. (a) Rangkaian Hubungan Delta dan (b) Diagram Fasor Rangkaian Hubungan Delta	II-13
Gambar 2.12. (a) Rangkaian Hubungan Zig-zag dan (b) Diagram Vektor Hubungan Zigzag	II-14
Gambar 2.13. Bilangan jam/vector group	II-15
Gambar 2.14. Group/kelompok hubungan transformato	II-16
Gambar 2.15. Vektor Diagram Arus	II-18
Gambar 3.1. Flowchart Metode Penelitian	III-4
Gambar 4.1. Grafik arus netral yang terjadi selama satu minggu	IV-19
Gambar 4.2. Grafik arus netral yang terjadi dalam satu tahun	IV-19
Gambar 4.3. Grafik arus ground yang mengalir ketanah dalam satu tahun	IV-20

Gambar 4.4	Grafik losses yang terjadi selama satu minggu	IV-21
Gambar 4.5	Grafik losses yang terjadi dalam satu tahun	IV-21
Gambar 4.6	Grafik persentase ketidakseimbangan beban selama satu minggu	IV-22
Gambar 4.7	Grafik persentase ketidakseimbangan beban dalam satu tahun	IV-22
Gambar 4.8	Grafik efisiensi yang terjadi selama satu minggu	IV-23
Gambar 4.9	Grafik efisiensi yang terjadi dalam satu minggu	IV-23
Gambar 4.10	Grafik Hubungan keseluruhan ketidakseimbangan beban terhadap Kinerja transformator selama satu minggu	IV-24
Gambar 4.11	Grafik Hubungan keseluruhan ketidakseimbangan beban terhadap Kinerja transformator dalam satu tahun	IV-25

## DAFTAR NOTASI

$S$	: Daya Semu (VA)
$V$	: Tegangan (V)
$I$	: Arus (A)
$\cos \varphi$	: Faktor Daya
$I_{FL}$	: Arus Beban Penuh (A)
$I_{rata-rata}$	: Arus Rata-Rata (A)
$I_p$	: Kuat arus kumparan primer (A)
$I_s$	: Kuat arus kumparan sekunder (A)
$V_p$	: Tegangan kumparan primer (V)
$V_s$	: Tegangan kumparan sekunder (V)
$N_p$	: Jumlah lilitan kumparan primer
$N_s$	: Jumlah lilitan kumparan sekunder
$I_L$	: Arus line to line
$I_P$	: Arus phasa
$P_{cu}$	: Rugi tembaga (Watt)
$P_h$	: Rugi histeresis (Watt)
$B_m$	: Fluks density maksimum (Tesla)
$K_h$	: Konstanta histeresis
$f$	: Frekuensi (Hz)
$P_e$	: Rugi arus eddy (Watt)
$K_e$	: Konstanta arus eddy
$I_{sc}$	: Arus hubung singkat (A)
$\%Z$	: Persen impedansi transformator
$N_s$	: Jumlah belitan pada sisi sekunder
$d\phi/dt$	: Perubahan fluks terhadap waktu
$P_p$	: Daya kumparan primer (W)
$P_s$	: Daya kumparan sekunder (W)
$\eta$	: Efisiensi transformator

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini Indonesia sedang melaksanakan pembangunan di segala bidang. Seiring dengan laju pertumbuhan pembangunan maka dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukungnya seperti tersedianya tenaga listrik. Saat ini tenaga listrik merupakan kebutuhan yang utama, baik untuk kehidupan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Hal ini disebabkan karena tenaga listrik mudah untuk ditransportasikan dan dikonversikan ke dalam bentuk tenaga yang lain. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik.

Dalam melihat kenyataan ini, maka di perlukan suatu komponen tenaga listrik untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu pembangkit tenaga listrik ke konsumen, yakni "*Trafo Distribusi*". Secara umum trafo distribusi merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian beban-beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu penyalaan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada kinerja transformator. Ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T) inilah yang menyebabkan mengalirnya "*Arus di Netral Trafo*".

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban masing-masing fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah, ketidakseimbangan beban juga akan berpengaruh terhadap efisiensi suatu trafo tersebut dalam menyalurkan tenaga listrik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat disimpulkan yang menjadi perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh beban tidak seimbang terhadap arus netral yang terjadi.
2. Berapa besar losses (%) yang terjadi pada transformator yang mengakibatkan menurunnya efisiensi transformator tersebut.

## 1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup permasalahan terfokus pada objek penelitian, maka penulis membatasi masalah yang ada. Adapun batasan masalahnya adalah :

1. Penelitian ini hanya membahas pengaruh ketidak seimbangan beban terhadap arus netral pada transformator distribusi.
2. Hanya menghitung besarnya losses yang terjadi akibat adanya arus pada kawat netral dan arus netral yang mengalir ke tanah pada transformator distribusi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan pokok dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung besarnya ketidakseimbangan beban dan losses yang terjadi pada transformator.
2. Menghitung efisiensi transformator saat terjadi beban tidak seimbang.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat di ambil dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi Penulis
  - a) Menambah wawasan, pengetahuan, dan pengembangan ilmu penulis khususnya yang berhubungan dengan masalah yang diteliti.
  - b) Menghasilkan teori-teori yang diperoleh dibangku kuliah dan praktik yang sesungguhnya terjadi.



2. Penulis dapat mengetahui pengaruh ketidak seimbangan beban pada transformator terhadap losses dan efisiensi penyaluran daya pada transformator.
3. Bagi peneliti selanjutnya  
Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan sumber informasi untuk melakukan penelitian lebih lanjut atau penelitian yang sama.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Skripsi ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisikan tentang penelitian – penelitian sebelumnya dengan rujukan yang jelas ( jurnal, proceeding, artikel ilmiah), teori-teori yang terkait dengan pembahasan dan menjelaskan pernyataan sementara atau dugaan menjawab permasalahan yang dibuktikan pada penelitian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan secara rinci peralatan dan bahan-bahan yang dibutuhkan, menjelaskan tahapan-tahapan penelitian dalam bentuk *flowchart*, gambaran sistem analisa yang akan diteliti.

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan teknis pengumpulan data, pengujian perhitungan dan analisis sehingga penelitian dapat terarah dengan jelas.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa data dan juga berisi saran-saran untuk penelitian selanjutnya.