

**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

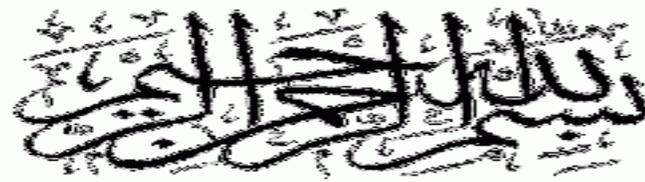
PERSETUJUAN PENGUJI**“ STUDI ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN
TERHADAP KINERJA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI “****SKRIPSI**

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. | <u>Dr. Ir. Ija Darmana, M.T., IPM.</u> (Ketua) | |
| 2. | <u>Ir. Yani Ridal, M.T.</u> (Penguji) | |
| 3. | <u>Mirza Zoni, S.T., M.T.</u> (Penguji) | |
| 4. | <u>Ir. Arzul, M.T.</u> (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 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1 Kesimpulan | V-1 |
| 5.2 Saran | V-1 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

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) |
| η | : 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.