



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

**ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP  
ARUS NETRAL DAN *LOSSES* PADA TRANSFORMATOR  
GEDUNG PUSAT DATA X**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**OFIK TAUFIQUR ROHMAN  
41421110088**

UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2025**



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

**ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP  
ARUS NETRAL DAN *LOSSES* PADA TRANSFORMATOR  
GEDUNG PUSAT DATA X**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

**NAMA : OFIK TAUFIQUR ROHMAN**  
**NIM : 41421110088**  
**PEMBIMBING : AKHMAD WAHYU DANI, S.T, MT**

**MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ofik Taufiqur Rohman  
NIM : 41421110088  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Analisa Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral  
Dan Losses Pada Transformator Gedung Pusat Data X

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

Pembimbing : **Akhmad Wahyu Dani, ST, MT**  
NUPTK : 0320078501

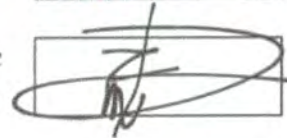
Tanda Tangan



Ketua Penguji : **Fina Supegina, S.T., M.T**  
NUPTK : 9550758659230172



Anggota Penguji : **Zendi Iklima, ST, S.Kom., M.Sc**  
NUPTK : 5946771672130282



Jakarta, 06-08-2025

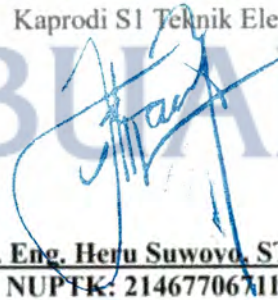
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi S1 Teknik Elektro



**Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.**  
NUPTK: 6639750651230132



**Dr. Eng. Heru Suwono, ST, M.Sc.**  
NUPTK: 2146770671130403

### **SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY***

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

**Nama** : **Ofik Taufiqur Rohman**  
**NIM** : **414211110088**  
**Program Studi** : **Teknik Elektro**  
**Judul Tugas Akhir / Tesis**  
**/ Praktek Keinsinyuran** : **ANALISA KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN LOSSES PADA TRANSFORMATOR GEDUNG PUSAT DATA X**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Rabu, 20 Agustus 2025** dengan hasil presentase sebesar **11 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.  
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 20 Agustus 2025

Administrator Turnitin,



**Itmam Haidi Syarif**

## HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ofik Taufiqur Rohman  
N.I.M : 41421110088  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : Analisa Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus  
Netral Dan *Losses* Pada Transformator Gedung Pusat  
Data X

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 6-Agustus-2025



Ofik Taufiqur Rohman

## ABSTRAK

Transformator distribusi berperan penting dalam menjamin keandalan dan efisiensi pasokan daya listrik, terutama pada fasilitas kritis seperti pusat data. Salah satu tantangan utama dalam pengoperasian transformator adalah ketidakseimbangan beban antar fasa yang dapat menimbulkan arus netral berlebih serta meningkatkan rugi-rugi daya (*losses*). Kondisi ini berpotensi menurunkan efisiensi sistem distribusi dan memperpendek umur pakai transformator.

Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat ketidakseimbangan beban, besar arus netral, dan rugi daya akibat ketidakseimbangan pada transformator distribusi di Gedung Pusat Data X. Metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif deskriptif melalui perhitungan manual dan simulasi ETAP. Perhitungan manual dilakukan untuk menentukan parameter dasar seperti arus per fasa, arus netral, dan *losses*, yang kemudian dijadikan input dalam simulasi ETAP untuk menganalisis kondisi eksisting dan skenario penyeimbangan beban.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi eksisting, ketidakseimbangan beban mencapai 16,8% dengan arus netral total 124,8 A dan rugi daya 2,33 W (1,68 kWh/bulan). Setelah redistribusi beban, ketidakseimbangan turun menjadi 7,2% dengan arus netral 59,5 A dan rugi daya 0,53 W (0,38 kWh/bulan). Proyeksi full load tidak seimbang menunjukkan arus netral melonjak hingga 629,5 A dengan rugi daya 59,6 W (42,9 kWh/bulan), sedangkan pada full load seimbang 2% arus netral hanya 102,2 A dengan rugi daya 1,57 W (1,13 kWh/bulan). Temuan ini menegaskan bahwa pengelolaan beban seimbang efektif untuk menekan arus netral, mengurangi *losses*, dan menjaga efisiensi transformator distribusi.

**Kata kunci:** Ketidakseimbangan beban, arus netral, *losses*, transformator distribusi, ETAP

## ABSTRACT

*Distribution transformers play a crucial role in ensuring the reliability and efficiency of power supply, especially in critical facilities such as data centers. One of the main challenges in transformer operation is phase-to-phase load imbalance, which can cause excessive neutral current and increase power losses, thereby reducing the efficiency of the distribution system and shortening the transformer's service life.*

*This study aims to analyze the level of load imbalance, the magnitude of neutral current, and the power losses caused by the imbalance in the distribution transformer at Data Center Building X. The research employed a quantitative descriptive analysis through manual calculations and ETAP simulations. Manual calculations were conducted to determine basic parameters such as phase current, neutral current, and losses, which were then used as input for ETAP simulations to analyze both the existing condition and load balancing scenarios.*

*The results show that, under existing conditions, the load imbalance reached 16.8% with a total neutral current of 124.8 A and power losses of 2.33 W (1.68 kWh/month). After load redistribution, the imbalance was reduced to 7.2%, with a neutral current of 59.5 A and losses of 0.53 W (0.38 kWh/month). A projected full-load unbalanced scenario resulted in a neutral current surge up to 629.5 A with losses of 59.6 W (42.9 kWh/month), while a full-load balanced 2% scenario showed a neutral current of only 102.2 A with losses of 1.57 W (1.13 kWh/month). These findings confirm that balanced load management is effective in reducing neutral current, lowering losses, and maintaining transformer distribution efficiency.*

*Keywords: Load imbalance, neutral current, losses, distribution transformer, ETAP*

MERCU BUANA

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* pada Transformator Gedung Pusat Data X” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Strata Satu (S1) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta.

Tugas akhir ini disusun sebagai bentuk pengaplikasian teori yang telah diperoleh selama masa perkuliahan, serta sebagai bentuk kontribusi ilmiah dalam bidang teknik kelistrikan, khususnya terkait efisiensi dan keandalan transformator distribusi pada sistem kelistrikan pusat data. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan ini tidak akan terselesaikan dengan baik.

Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Akhmad Wahyu Dani, ST, MT, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Fina Supegina, ST, MT, selaku Ketua Penguji yang telah memberikan masukan dan saran berharga demi penyempurnaan penelitian ini.
3. Bapak Zendi Iklima, ST, S.Kom., M.Sc, selaku Anggota Penguji yang telah memberikan kritik, koreksi, dan arahan konstruktif dalam penyempurnaan laporan ini.
4. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, atas dukungan dan kebijaksanaan dalam proses akademik penulis.
5. Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST, M.Sc, selaku Kaprodi S1 Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, atas dukungan, arahan, dan fasilitas yang telah diberikan.

6. Orang tua dan keluarga tercinta, yang selalu memberikan doa, semangat, dan dukungan moral maupun materiil dalam proses pendidikan hingga penyusunan tugas akhir ini.
7. Seluruh dosen dan staf pengajar Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, atas ilmu, pengalaman, dan bimbingan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman seperjuangan, khususnya di Program Studi Teknik Elektro angkatan 2021, atas kebersamaan dan dukungan yang tak ternilai.
9. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang turut membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi penyempurnaan di masa mendatang.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi bagi penelitian sejenis di bidang teknik elektro.

Jakarta, 6 Agustus 2025

Penulis,



Ofik Taufiqur Rohman

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

|                                                                          |             |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN SAMPUL/COVER.....</b>                                         | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN JUDUL.....</b>                                                | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>                                           | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN <i>SIMILARITY</i>.....</b>                         | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                     | <b>vi</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                    | <b>vii</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                               | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                   | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                                | <b>xiii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                                | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                            | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                                  | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                                 | 2           |
| 1.3 Tujuan .....                                                         | 2           |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                                | 3           |
| 1.5 Manfaat .....                                                        | 3           |
| 1.6 Metode Penelitian .....                                              | 4           |
| 1.7 Sistematika Penulisan .....                                          | 5           |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI.....</b>                                        | <b>6</b>    |
| 2.1 Kajian Literatur.....                                                | 6           |
| 2.2 Dasar Teori .....                                                    | 12          |
| 2.3 Sistem Distribusi.....                                               | 14          |
| 2.4 Sistem Tiga Fasa.....                                                | 16          |
| 2.5 Ketidak Seimbangan Beban pada Transformator .....                    | 17          |
| 2.6 Arus Netral.....                                                     | 19          |
| 2.6.1 Arus Netral Akibat Ketidakseimbangan Beban .....                   | 20          |
| 2.6.2 Penyaluran dan Kehilangan Daya pada Sistem Tiga Fasa Seimbang .... | 21          |
| 2.6.3 Penyaluran dan Susut Daya pada Keadaan Arus Tidak Seimbang .....   | 22          |
| 2.6.4 Faktor Daya .....                                                  | 23          |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.6.5 Persentase Ketidakseimbangan Beban .....                                 | 24        |
| 2.7 Persamaan-persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan .....                 | 25        |
| 2.7.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat.....                                     | 25        |
| 2.7.2 Perhitungan <i>Losses</i> Akibat Arus Netral .....                       | 25        |
| 2.7.3 <i>Losses</i> Akibat Arus Netral Mengalir ke Tanah .....                 | 26        |
| 2.7.4 Estimasi Energi Hilang Akibat <i>Losses</i> .....                        | 26        |
| 2.7.5 Metode Pensakalan Arus ( <i>Load Current Scaling Method</i> ) .....      | 27        |
| 2.8 Aplikasi ETAP .....                                                        | 27        |
| 2.9 Standar Ketidaksimbangan Arus PUIL 2020 dan IEEE .....                     | 28        |
| 2.9.1 Standar PUIL 2020 .....                                                  | 28        |
| 2.9.2 Standar IEEE (IEEE Std 1159-2019 dan IEEE C57.110-2018).....             | 29        |
| 2.10 Standar <i>Losses</i> PUIL 2020 dan IEEE .....                            | 29        |
| 2.10.1 PUIL 2020 .....                                                         | 29        |
| 2.10.2 IEEE ( <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> ) ..... | 30        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>                                         | <b>31</b> |
| 3.1 Analisa Masalah.....                                                       | 31        |
| 3.2 Strategi Pemecahan.....                                                    | 31        |
| 3.3 Tahapan Penelitian.....                                                    | 32        |
| 3.4 Data yang Digunakan.....                                                   | 33        |
| 3.5 Pengambilan Data dan Alat yang Digunakan .....                             | 37        |
| 3.6 Metode Perhitungan Manual.....                                             | 38        |
| 3.7 Metode Simulasi Menggunakan ETAP .....                                     | 39        |
| 3.8 Validasi dan Perbandingan Hasil .....                                      | 40        |
| 3.8.1 Validasi Data Lapangan .....                                             | 41        |
| 3.8.2 Analisis Hasil Simulasi .....                                            | 41        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                       | <b>42</b> |
| 4.1 Deskripsi Umum.....                                                        | 42        |
| 4.2 Hasil Pengukuran di Lapangan .....                                         | 43        |
| 4.3 Analisis Beban dan Ketidakseimbangan.....                                  | 46        |
| 4.3.1 Menentukan Arus <i>Full load</i> dan Arus Hubung Singkat.....            | 46        |
| 4.3.2 Persentase Pembebanan Trafo .....                                        | 47        |

|                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.3 Analisis Ketidakseimbangan Beban .....                              | 48        |
| 4.4 Analisis <i>Losses</i> pada Transformator .....                       | 50        |
| 4.4.1 <i>Losses</i> pada Penghantar Netral .....                          | 50        |
| 4.4.2 <i>Losses</i> pada Arus Netral ke Tanah .....                       | 51        |
| 4.4.3 Estimasi Energi Hilang Akibat Arus Netral .....                     | 52        |
| 4.5 Simulasi Sistem Menggunakan ETAP .....                                | 54        |
| 4.5.1 Simulasi Kondisi Eksisting .....                                    | 59        |
| 4.5.2 Simulasi 1 – Kondisi Setelah Penyeimbangan Awal .....               | 61        |
| 4.5.3 Simulasi 2 - Kondisi Setelah Penyeimbangan Lanjutan.....            | 63        |
| 4.5.4 Simulasi <i>Full load</i> Eksisting Tidak seimbang LVMDP-A & B..... | 66        |
| 4.5.5 Simulasi <i>Full load</i> seimbang LVMDP-A & B.....                 | 68        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                   | <b>73</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                      | 73        |
| 5.2 Saran .....                                                           | 74        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                | <b>77</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                      | <b>78</b> |
| Lampiran 1 surat pengambilan Data .....                                   | 78        |
| Lampiran 2 pengukuran LVMDP-A.....                                        | 77        |
| Lampiran 3 pengukuran LVMDP-B .....                                       | 77        |
| Lampiran 4 pengecekan turnitin .....                                      | 80        |

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Prinsip Kerja Transformator.....                               | 13 |
| Gambar 2.2 Skema Sistem Distribusi Tenaga Listrik Pada Pusat Data .....   | 15 |
| Gambar 2.3 Representasi Gelombang dan Diagram Fasa Sistem Tiga Fasa ..... | 16 |
| Gambar 2.4 Vektor Diagram Arus Seimbang (a) dan Tidak Seimbang (b).....   | 19 |
| Gambar 2.5 Diagram Fasor Tegangan Model Saluran Fasa Tunggal .....        | 22 |
| Gambar 2.6 Segitiga Daya .....                                            | 24 |
| Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....                                      | 33 |
| Gambar 3.2 Spesifikasi Transformator .....                                | 35 |
| Gambar 3.3 Spesifikasi Teknis .....                                       | 36 |
| Gambar 3.4 Blok Diagram.....                                              | 36 |
| Gambar 3.5 Clamp meter .....                                              | 38 |
| Gambar 4.1 Single Line Diagram .....                                      | 43 |
| Gambar 4.2 Hasil Kondisi Eksisting.....                                   | 59 |
| Gambar 4.3 Hasil Report Kondisi Eksisting.....                            | 60 |
| Gambar 4.4 Hasil Simulasi 1 .....                                         | 61 |
| Gambar 4.5 Hasil Report Kondisi Eksisting.....                            | 62 |
| Gambar 4.6 Hasil Simulasi 2 .....                                         | 63 |
| Gambar 4.7 Hasil Report Hasil Simulasi 2 .....                            | 64 |
| Gambar 4.8 Full Load Eksisting Tidak LVMDP-A & B.....                     | 66 |
| Gambar 4.9 Hasil Report Full Load Eksisting Tidak Seimbang LVMDP-A & B..  | 67 |
| Gambar 4.10 Full Load Eksisting Seimbang LVMDP-A & B .....                | 68 |
| Gambar 4.11 Hasil report full load eksisting seimbang LVMDP – A & B ..... | 69 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi Kontribusi Jurnal 1 .....                | 7  |
| Tabel 2.2 Spesifikasi Kontribusi Jurnal 2 .....                | 8  |
| Tabel 2.3 Spesifikasi Kontribusi Jurnal 3 .....                | 9  |
| Tabel 2.4 Spesifikasi Kontribusi Jurnal 4 .....                | 11 |
| Tabel 2.5 Spesifikasi Kontribusi Jurnal 5 .....                | 12 |
| Tabel 3.1 Alat yang digunakan .....                            | 37 |
| Tabel 3.2 Pengukuran Manual .....                              | 38 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Manual LVMDP-A .....                | 44 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Manual LVMDP-B .....                | 44 |
| Tabel 4.3 Perbandingan Arus Fasa .....                         | 58 |
| Tabel 4.4 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penyeimbangan ..... | 65 |
| Tabel 4.5 Perbandingan Arus Netral pada Kondisi Simulasi ..... | 70 |
| Tabel 4.6 Losses dan Estimasi Energi Hilang .....              | 71 |

