

**STUDI EFISIENSI OPERASIONAL TRANSFORMATOR  
DAYA PADA BEBAN PUNCAK GARDU INDUK 150 KV  
PURBALINGGA**



**SKRIPSI**

**HARIS ARU WIJAYA**

**2103030013**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO  
JANUARI 2026**

**STUDI EFISIENSI OPERASIONAL TRANSFORMATOR DAYA  
PADA BEBAN PUNCAK GARDU INDUK 150 KV  
PURBALINGGA**



**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat gelar Sarjana Teknik**

**HARIS ARU WIJAYA  
2103030013**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOKERTO  
JANUARI 2026**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Haris Aru Wijaya

NIM : 2103030013

Program Studi : Teknik Elektro

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Studi Efisiensi Operasional Transformator Daya  
Pada Beban Puncak Gardu Induk 150 kV  
Purbalingga

Telah diterima dan disetujui  
Purwokerto, 15 Januari 2026

**PEMBIMBING**

M. Taufiq Tamam S.T., M.T

NIK: 2160223

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Haris Aru Wijaya

Nim : 2103030013

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Studi Efisiensi Operasional Transformator Daya  
Pada Beban Puncak Gardu Induk 150 kV  
Purbalingga

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

**DEWAN PENGUJI**

Penguji 1 : Ir. Winarso, S.T., M.Eng., IPM.

Penguji 2 : Arif Johar Taufiq, S.T., M.T.

Penguji 3 : M. Taufiq Tamam, S.T., M.T.

Ditetapkan di : Purwokerto

Tanggal : 15 Januari 2026

Menghetaahui

Dekan Fakultas Teknik dan Sains



**Dr. I. Iskahar, S.T., M.T., IPM.**

**NIK.2160207**

(.....)  
(.....)  
(.....)

## HALAMAN PERNYATAAN OTORITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Haris Aru Wiaya  
NIM : 2103030013  
Prgram Studi : Teknik Elektro  
Fakutas : Teknik Dan Sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Dengan ini saya menyatakan secara sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil karya asli saya sendiri. Seluruh sumber yang dikutip maupun dirujuk telah dicantumkan secara benar dan sesuai dengan kaidah akademik yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat unsur plagiarisme dalam karya ini, saya bersedia menerima segala bentuk sanksi dan konsekuensi sesuai dengan peraturan dan ketentuan yang berlaku.

Purwokerto, 15 Januari 2026



SEPUJUR RIBU RUPIAH  
TEL. 20  
METERAI  
TEMPEL  
GVK5EX426533158

Haris Aru Wijaya

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Purwokerto dan demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Haris Aru Wijaya  
NIM. : 2103030013  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik dan Sains  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Jenis karya : Skripsi

Menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) kepada Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas karya ilmiah saya yang berjudul:


### “Studi Efisiensi Operasional Transformator Daya Pada Gardu Induk 150 kV Purbalingga”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Muhammadiyah Purwokerto berhak menyimpan, mengalih media / mengalih formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan skripsi saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar – benarnya.

Purwokerto, 15 Januari 2026

Yang menyatakan



Haris Aru Wijaya

## HALAMAN MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah: 5–6)

“Dan katakanlah: ‘Ya Tuhanku, tambahkanlah kepadaku ilmu pengetahuan.’”

(QS. Thaha: 114)

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(QS. Al-Mujadilah: 11)

“Dan janganlah kamu mengikuti apa yang kamu tidak mempunyai pengetahuan tentangnya.”

(QS. Al-Isra: 36)

“Menuntut ilmu adalah kewajiban bagi setiap Muslim.”

(HR. Ibnu Majah)

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana, dan merupakan hasil dari proses panjang yang penuh dengan tantangan, pembelajaran, serta pengalaman berharga.

Dengan penuh rasa hormat dan terima kasih yang mendalam, skripsi ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa yang tiada henti, kasih sayang yang tulus, pengorbanan yang tak ternilai, serta dukungan moril dan materil selama penulis menempuh pendidikan. Segala capaian yang diraih penulis hingga saat ini tidak terlepas dari peran dan keikhlasan orang tua dalam membimbing serta mendoakan setiap langkah perjalanan penulis.

Skripsi ini juga penulis persembahkan kepada keluarga besar penulis, yang selalu memberikan perhatian, motivasi, serta semangat dalam menghadapi setiap kesulitan selama proses perkuliahan maupun dalam penyusunan skripsi ini. Kebersamaan dan dukungan dari keluarga menjadi sumber kekuatan tersendiri bagi penulis untuk terus berusaha dan tidak menyerah.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada dosen pembimbing, yang dengan penuh kesabaran telah meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga. Berkat bimbingan dan saran yang diberikan, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lebih terarah dan sistematis.

Penulis juga mempersembahkan skripsi ini kepada seluruh dosen dan civitas akademika, yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, serta pengalaman selama masa perkuliahan. Ilmu dan nilai-nilai yang diperoleh menjadi bekal penting bagi penulis dalam menghadapi dunia kerja dan pengabdian kepada masyarakat di masa yang akan datang.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan hidayat-Nya telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Studi Efisiensi Operasional Transformator Daya Pada Beban Puncak Gardu Induk 150 kV Purbalingga”**

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi dapat terselesaikan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas segala nikmat dan karuniaNya sehingga penulis diberi kemampuan dan kemudahan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Assoc. Prof. Dr. Jebul Suroso selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
3. Bapak Dr.T.Ir. Iskahar, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
4. Bapak Latiful Hayat, S.T., M.Eng. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
5. Bapak M. Taufiq Taman, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar, meluangkan waktu dan memberikan masukan selama pengerjaan skripsi.
6. Segenap Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto atas segala ilmu yang diberikan.
7. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa mendoakan dan mendukung baik secara moral maupun material dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi.
8. Teman – teman Teknik Elektro UMP Angkatan 2021 yang telah memotivasi dan membantu dalam perkuliahan maupun tahapan skripsi ini.
9. Seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, oleh karena itu sangat diharapkan kritik serta saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak dan dapat memperkaya pengetahuan dibidang Teknik Elektro khususnya, dan bidang Teknik dan Sains umumnya.

Purwokerto, 15 Januari 2026

Haris Aru Wijaya



## STUDI EFISIENSI OPERASIONAL TRANSFORMATOR DAYA PADA BEBAN PUNCAK GARDU INDUK 150 KV PURBALINGGA

Haris Aru Wijaya<sup>1</sup>, M. Taufiq Tamam<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Transformator daya merupakan perangkat penting dalam sistem tenaga listrik, sehingga kinerjanya perlu dianalisis untuk memastikan operasi yang optimal. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung rugi-rugi daya, menilai tingkat efisiensi, mengetahui besarnya energi hilang beserta biaya operasionalnya, serta memperkirakan penurunan umur transformator daya 60 MVA unit 1 di Gardu Induk 150 kV Purbalingga. Data yang digunakan berupa catatan beban puncak pada pukul 10.00 WIB dan 19.00 WIB selama periode 1–31 Agustus 2025. Hasil analisis menunjukkan bahwa transformator beroperasi dengan efisiensi yang sangat tinggi, yaitu 99,6673%–99,6885% pada beban puncak pagi hari dan 99,64%–99,67% pada beban puncak malam hari. Rugi energi maksimum terjadi pada 5 Agustus, yaitu 1.523,9 kWh, dengan biaya harian sebesar Rp 3.373.518,97, sedangkan akumulasi rugi biaya selama satu bulan mencapai Rp 104.426.672,2. Temperatur *hotspot* tercatat berada pada kisaran 79–80°C, dengan nilai laju penuaan relatif 0,124 dan 0,102. Menggunakan metode *piecewise constant*, susut umur harian yang diperoleh adalah 0,11 p.u, yang menghasilkan proyeksi sisa umur sekitar 22 tahun pada tingkat pembebanan rata-rata 48,9%.

**Kata Kunci** : *transformator daya, efisiensi, rugi biaya, susut umur, piecewise constant*

## ***STUDY OF OPERATIONAL EFFICIENCY AT PEAK LOADS OF 150 KV PURBALINGGA SUBSTATION***

Haris Aru Wijaya<sup>1</sup>, M. Taufiq Tamam<sup>2</sup>

### ***ABSTRACT***

*Power transformers are important devices in electric power systems, so their performance needs to be analyzed to ensure optimal operation. This study was conducted to calculate power losses, assess the efficiency level, determine the amount of energy lost along with its operational costs, and estimate the reduction in the lifespan of a 60 MVA power transformer unit 1 at the 150 kV Purbalingga Substation. The data used were peak load records at 10:00 WIB and 19:00 WIB during the period of August 1–31, 2025. The analysis results showed that the transformer operated with very high efficiency, namely 99.6673%–99.6885% at the morning peak load and 99.64%–99.67% at the evening peak load. The maximum energy loss occurred on August 5, namely 1,523.9 kWh, with a daily cost of Rp 3,373,518.97, while the accumulated cost loss for one month reached Rp 104,426,672.2. The hotspot temperature was recorded in the range of 79–80°C, with relative aging rate values of 0.124 and 0.102. Using the piecewise constant method, the daily age loss obtained was 0.11 p.u, which resulted in a projected remaining life of approximately 22 years at an average loading level of 48.9%.*

***Keyword*** : power transformer, efficiency, cost loss, life loss, piecewise constant

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN SAMPUL .....  | i    |
| HALAMAN JUDUL.....  | ii   |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....  | iii  |
| HALAMAN PENGESAHAN.....   | iv   |
| HALAMAN PERNYATAAN OTKUP CNVCU.....   | v    |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK<br>KEPENTINGAN AKADEMIS..... | vi   |
| HALAMAN MOTTO .....   | vii  |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....   | viii |
| KATA PENGANTAR.....   | ix   |
| ABSTRAK.....  | xi   |
| <i>ABSTRACT</i> .....   | xii  |
| DAFTAR ISI .....  | xiii |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xv   |
| DAFTAR TABEL.....   | xvi  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....   | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN .....   | 1    |
| A. Latar Belakang Masalah.....  | 1    |
| B. Perumusan Masalah .....  | 4    |
| C. Batasan Masalah.....   | 4    |
| D. Tujuan Penelitian.....   | 5    |
| E. Manfaat Penelitian .....   | 5    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....   | 6    |
| A. Hasil Penelitian Terdahulu .....   | 6    |
| B. Landasan Teori .....   | 10   |
| 1. Transformator.....   | 10   |
| 2. <i>Cost Losses</i> Transformator.....  | 27   |
| 3. Perkiraan Umur Transformator .....   | 31   |
| BAB III MOTODOLOGI PENELITIAN .....   | 47   |
| A. Jenis Penelitian.....  | 47   |

|  |   |           |
|--|---|-----------|
| B.                                     | Lokasi dan Waktu Penelitian.....                      | 47        |
| C.                                     | Metode Penelitian.....                                | 48        |
| D.                                     | Objek Penelitian.....                                 | 49        |
| E.                                     | Diagram Alir Penelitian.....                          | 49        |
| <b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>          |   | <b>51</b> |
| A.                                     | Data Penelitian.....                                  | 51        |
| B.                                     | Analisa Efisiensi Transformator Daya.....             | 54        |
| 1.                                     | Perhitungan Arus Rata-Rata.....                       | 54        |
| 2.                                     | Perhitungan Hambatan.....                             | 55        |
| 3.                                     | Analisis Faktor Daya dan Daya Aktual.....             | 58        |
| 4.                                     | Analisa Rugi-rugi Transformator.....                  | 59        |
| 5.                                     | Perhitungan Efisiensi Transformator.....              | 61        |
| C.                                     | Analisa Biaya Rugi Transformator.....                 | 66        |
| 1.                                     | Rugi Beban Harian.....                                | 66        |
| 2.                                     | Perhitungan Rugi Energi Beban Harian Trafo.....       | 67        |
| 3.                                     | Perhitungan Biaya Rugi Energi Total Trafo Harian..... | 69        |
| D.                                     | Analisa Perkiraan Umur Transformator.....             | 73        |
| 1.                                     | Daya Rata-Rata Bulan Agustus.....                     | 74        |
| 2.                                     | Daya Nominal Transformator.....                       | 76        |
| 3.                                     | Perhitungan Persentase Pembebanan.....                | 77        |
| 4.                                     | Perhitungan Kondisi Temperatur Transformator.....     | 78        |
| 5.                                     | Perhitungan Laju penuaan Thermal Relatif.....         | 81        |
| 6.                                     | Susut Umur Transformator.....                         | 82        |
| 7.                                     | Perancangan Kalkulator Susut Umur Transformator.....  | 85        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b> |   | <b>93</b> |
| A.                                     | Kesimpulan.....                                       | 93        |
| B.                                     | Saran.....  | 94        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>             |   | <b>95</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                   |   | <b>98</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Prinsip Kerja Transformator.....                                   | 11 |
| Gambar 2. 2 Kumparan Trafo .....  | 12 |
| Gambar 2. 3 Inti Trafo.....   | 13 |
| Gambar 2. 4 Minyak Trafo.....   | 14 |
| Gambar 2. 5 Bushing Trafo.....  | 15 |
| Gambar 2. 6 Segitiga Daya .....   | 22 |
| Gambar 2. 7 Skema Thermal Transformator.....                                  | 33 |
| Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian .....   | 47 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....                                      | 50 |
| Gambar 4. 1 Diagram Rugi-rugi dan Efsiensi Transformator Pukul 10.00 .....    | 63 |
| Gambar 4. 2 Diagram Rugi-rugi dan Efisiensi Transformatoorr Pukul 19.00 ..... | 65 |
| Gambar 4. 3 Tampilan Tata Letak Aplikasi.....                                 | 86 |
| Gambar 4. 4 <i>Souce Code</i> Aplikasi.....                                   | 88 |
| Gambar 4. 5 Hasil Kalkulator Perkiraan Umur Transformator.....                | 91 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Sistem Pendingin.....  | 16 |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi Teknik Transformator .....                           | 20 |
| Tabel 4. 1 Spesifikasi Transformator Daya .....                             | 51 |
| Tabel 4. 2 Data Pembebanan Pukul 10.00 WIB .....                            | 52 |
| Tabel 4. 3 Data Pembebanan Pukul 19.00 WIB .....                            | 53 |
| Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Nilai Arus dan Hambatan Pukul 10.00 WIB .....  | 56 |
| Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Nilai Arus dan Hambatan Pukul 19.00 WIB .....  | 57 |
| Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Rugi-rugi dan Efisiensi Pukul 10.00 WIB.....   | 62 |
| Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Rugi--rugi dan Efisiensi Pukul 19.00 WIB ..... | 64 |
| Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan Rugi Energi Transformator.....                 | 68 |
| Tabel 4. 9 Hasil Perhitungan Biaya Rugi Energi Bulan Agustus 2025 .....     | 71 |
| Tabel 4. 10 Data Pengamatan Suhu Trafo Unit 1 Bulan Agustus 2025 .....      | 73 |
| Tabel 4. 11 Nilai Rata-rata Daya dan Faktor Daya .....                      | 77 |
| Tabel 4. 12 Standar Masa Pakai Transformator .....                          | 83 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| <b>Lampiran 1.</b> Surat Balasan UPT Purwokerto .....         | 98  |
| <b>Lampiran 2.</b> Dokumentasi Penelitian .....               | 99  |
| <b>Lampiran 3.</b> Log Sheet Trafo 1 Bulan Agustus 2025 ..... | 100 |
| <b>Lampiran 4.</b> Nameplate Trafo 1 60 MVA.....              | 101 |
| <b>Lampiran 5.</b> Hasil Cek Plagiasi.....                    | 102 |

