

**ANALISIS RUGI DAYA, EFISIENSI DAN SUSUT UMUR
TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA 150/20 kV PADA GARDU
INDUK KALIBAKAL PURWOKERTO BERBASISKAN
*MATRIX LABORATORY***



SKRIPSI

MUHAMMAD IHSANI

2103030016

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

**ANALISIS RUGI DAYA, EFISIENSI DAN SUSUT UMUR
TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA 150/20 kV PADA GARDU
INDUK KALIBAKAL PURWOKERTO BERBASISKAN
*MATRIX LABORATORY***



SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

MUHAMMAD IHSANI

2103030016

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang diajukan oleh :

Nama : Muhammad Ihsani

NIM : 2103030016

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik dan Sains

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Judul : Analisis Rugi Daya, Efisiensi dan Susut Umur

Transformator Daya 60 MVA 150/20 kV

Pada Gardu Induk Kalibakal Purwokerto
Berbasiskan *Matrix Laboratory*

telah disetujui untuk diajukan dalam ujian Skripsi

Purwokerto, 15 Januari 2026

PEMBIMBING

Arif Johar Taufiq, S.T., M.T.

NIK.2160293

HALAMAN PENGESAHAN

Skrripsi yang diajukan oleh :

Nama : Muhammad Ihsani
NIM : 2103030016
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Judul : Analisis Rugi Daya, Efisiensi dan Susut Umur Transformator Daya 60 MVA 150/20 kV Pada Gardu Induk Kalibakal Purwokerto Berbasiskan *Mairix* Laboratory

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Dewan Penguji dan dinyatakan diterima sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Dr. Dian Nova Kusuma Hardani, S.T., M.Eng.,
Penguji 2 : Ir. Winarso, S.T., M.Eng., IPM.,
Penguji 3 : Arif Johar Taufiq, S.T., M.T.

Ditetapkan di : Purwokerto

Tanggal : 15 Januari 2026

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik dan Sains

Dr. T. Ir. Iskahar, S.T., M.T.

NIK 2160207

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Ihsani
NIM : 2103030016
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : 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



Muhammad Ihsani

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 : Muhammad Ihsani
NIM : 2103030016
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Sains
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jenis Karya : Skripsi

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

Analisis Rugi Daya, Efisiensi dan Susut Umur Transformator Daya 60 MVA 150/20 kV Pada gardu Induk Kalibakal Purwokerto Berbasiskan *Matrix Laboratory*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Muhammadiyah Purwokerto berhak menyimpan, mengalihmedia/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (data base), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Purwokerto

Pada tanggal : 15 Januari 2026

takan,

36745ANX250072660

Muhammad Ihsani

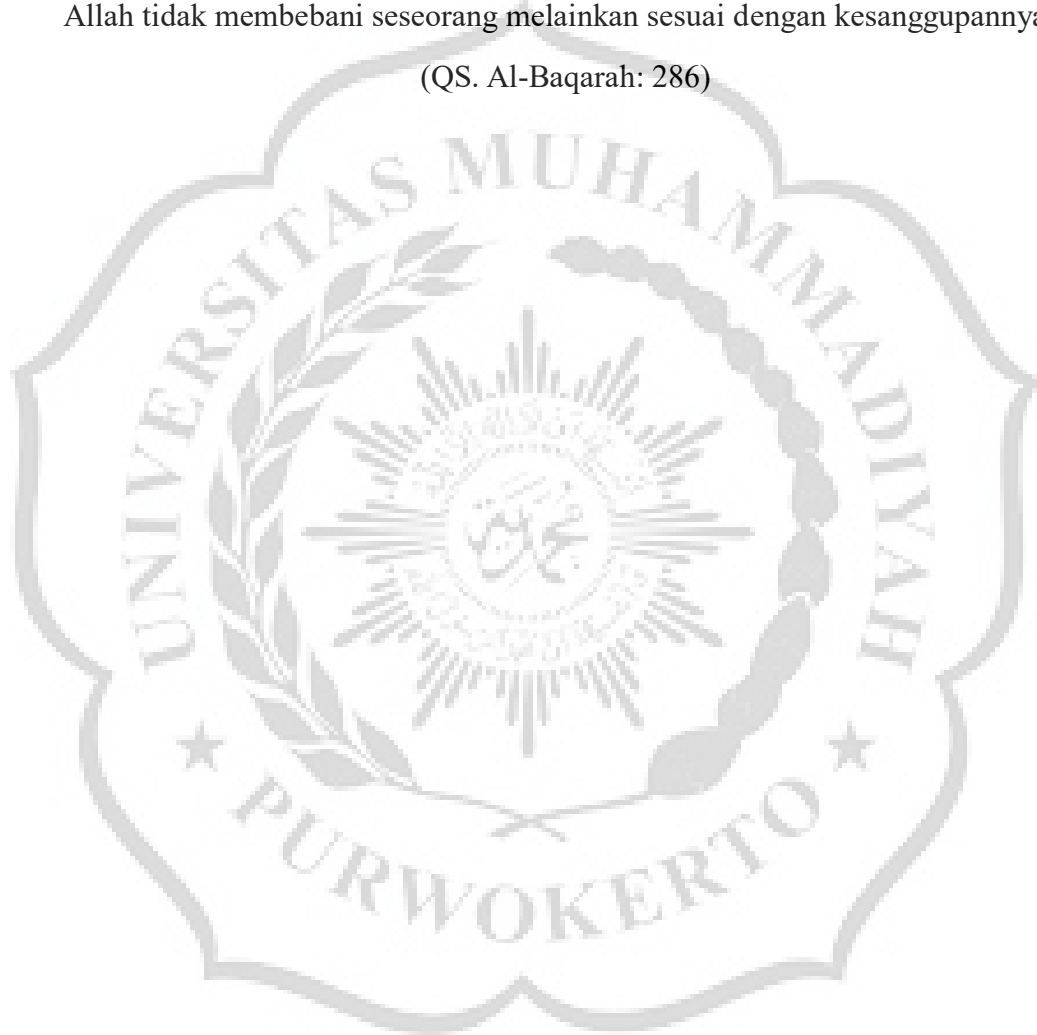
HALAMAN MOTO

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah: 6)

Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."

(QS. Al-Baqarah: 286)



HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segenap rasa syukur dan kerendahan hati, kuangkat puji ke hadirat Allah SWT, Sang Pemilik Waktu dan Takdir, yang telah menuntunku menapaki perjalanan panjang ini hingga titik di mana bait-bait skripsi ini menemukan akhirnya. Maka karya ini, kusun tak hanya sebagai bentuk akademik, namun juga sebagai wujud cinta, terima kasih, dan penghormatan yang tak terucap oleh kata. Kupersembahkan untuk:

1. Alm, Ibu Sodikoh tercinta Meski raga Ibu telah tiada, kasih sayang, doa, serta nilai-nilai kehidupan yang Ibu tanamkan senantiasa menjadi kekuatan dan penuntun dalam setiap langkah penulis. Karya ini menjadi salah satu bukti bahwa pengorbanan, ketulusan, dan cinta Ibu tidak pernah sia-sia. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan menempatkan Ibu di tempat terbaik di sisi-Nya.
2. Bapak solichin tercinta tercinta, yang senantiasa menjadi sosok teladan dalam keteguhan, kerja keras, dan tanggung jawab. Dukungan, nasihat, serta doa yang tak pernah putus dari Bapak menjadi sumber semangat dan kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga karya ini dapat menjadi wujud bakti dan rasa terima kasih atas segala pengorbanan serta cinta yang telah Bapak berikan.
3. Kakak tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan semangat dalam setiap proses yang penulis jalani. Nasihat, perhatian, serta kebersamaan yang diberikan menjadi kekuatan tersendiri bagi penulis untuk terus berusaha dan menyelesaikan skripsi ini. Semoga karya ini dapat menjadi bentuk apresiasi dan rasa terima kasih atas peran Kakak dalam perjalanan akademik penulis.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, penulis mengucapkan rasa syukur yang mendalam atas limpahan rahmat, bimbingan, dan bantuan yang diberikan-Nya. Berkat kasih dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Rugi Daya, Efisiensi Dan Susut Umur Transformator Daya 60 MVA 150/20 kV Pada Gardu Induk Kalibakal Purwokerto Berbasis *Matrix Laboratory*" dengan lancar dan tepat waktu.

Salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Program Studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto adalah menyusun skripsi. Proses penyusunan skripsi ini lebih dari sekadar memenuhi syarat akademik itu adalah pengalaman yang berharga yang mengajarkan pentingnya ketekunan, kesabaran, dan keikhlasan dalam menghadapi tantangan yang muncul selama penelitian.

Dengan hormat dan tulus, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua orang yang telah membantu, mendukung, dan mendoakan selama proses penyusunan skripsi ini.

1. Kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat, hidayah, serta kekuatan yang senantiasa diberikan dalam setiap tahapan dan langkah proses ini.
2. Kepada Ibu dan Ayah tercinta, serta seluruh keluarga besar penulis, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber kekuatan dan inspirasi dalam setiap langkah perjalanan kehidupan penulis.
3. Prof. Dr. Jebul Suroso, S.Kp., Ns., M.Kep., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Purwokerto, telah berperan besar dalam menyediakan berbagai fasilitas serta memberikan dukungan yang mendukung terciptanya lingkungan akademik dan wadah pengembangan diri bagi seluruh mahasiswa.

4. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr. T. Ir. Iskahar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Muhammadiyah Purwokerto, atas kebijakan dan dukungan fasilitas yang telah diberikan sehingga proses studi penulis dapat berjalan dengan baik dan lancar.
5. Bapak Latiful Hayat, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, yang senantiasa memberikan motivasi serta dorongan kepada mahasiswa untuk terus berinovasi dan mengembangkan potensi diri.
6. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada Bapak Arif Johar Taufiq, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing, yang dengan kesabaran dan ketelitiannya telah membimbing penulis, menyediakan waktu di tengah padatnya aktivitas, serta memberikan masukan dan arahan yang bernilai pada setiap proses penyusunan skripsi ini.
7. Mas Isbahus dan Mas Nanang selaku teknisi di Gardu Induk 150 kV Kalibakal, dengan penuh keramahan dan kesabaran telah memberikan bimbingan selama kegiatan lapangan, serta menyediakan data, informasi, dan pengetahuan teknis yang berperan penting dalam mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini.
8. Seluruh rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2021 yang telah menjadi mitra perjuangan dalam menempuh perjalanan perkuliahan dan penelitian, serta turut berbagi kebahagiaan, kesulitan, dan semangat selama proses tersebut.
9. Seluruh dosen, teknisi, karyawan, serta seluruh civitas akademika Universitas Muhammadiyah Purwokerto, khususnya pada Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan dukungan dan kontribusi positif terhadap perkembangan akademik penulis.

ANALISIS RUGI DAYA, EFISIENSI DAN SUSUT UMUR TRANSFORMATOR DAYA 60 MVA 150/20 kV PADA GARDU INDUK KALIBAKAL PURWOKERTO BERBASISKAN *MATRIX LABORATORY*

Muhammad Ihsani¹, Arif Johar Taufiq²

ABSTRAK

Transformator merupakan komponen krusial dalam sistem penyaluran energi listrik karena berfungsi mengalihkan daya dari tingkat tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah maupun sebaliknya. Evaluasi terhadap rugi daya, efisiensi, serta kondisi termal transformator menjadi peran penting untuk memastikan keandalan operasi dan umur pakai peralatan. Penelitian ini menganalisis rugi daya, efisiensi, serta susut umur transformator daya 60 MVA 150/20 kV di Gardu Induk Kalibakal Purwokerto serta membuat aplikasi perhitungan untuk mempermudah pengguna. Analisis menunjukkan bahwa rugi daya transformator meningkat seiring kenaikan beban, dengan nilai tertinggi 70,79 KW pada daya *output* 34,5 MW, dan menurun menjadi 41,36 KW saat daya *output* turun menjadi 17 MW menunjukkan bahwa peningkatan daya keluaran cenderung diikuti oleh kenaikan rugi daya. Efisiensi transformator tetap sangat tinggi pada rentang 99,77%–99,80%, sehingga memenuhi standar IEC 60076 meskipun beban harian berfluktuasi antara 17–34 MW. Variasi beban tidak memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi, yang tetap stabil. Namun, pembebanan memiliki pengaruh langsung terhadap susut umur, di mana suhu belitan tertinggi sebesar 63,95°C pada pembebanan 60% menghasilkan susut umur 0,01862 p.u, dengan sisa umur 83 tahun. Temuan ini menegaskan bahwa meskipun pembebanan memengaruhi penuaan termal, tingkat susut umur transformator masih dalam kategori aman.

Kata Kunci : Transformator, Efisiensi, Susut umur.

ANALYSIS OF POWER LOSSES, EFFICIENCY, AND LOSS OF SERVICE LOFE OF A 60 MVA150/20 Kv POWER TRANSFORMER AT THE KALIBAKAL PURWOKERTO SUBSTATION USING MATRIX LABORATORY

Muhammad Ihsani¹, Arif Johar Taufiq²

ABSTRACT

Transformers are crucial components in electrical power distribution systems because they function to convert power from high voltage to lower voltage and vice versa. Evaluating power loss, efficiency, and the thermal condition of transformers plays an important role in ensuring the reliability of operations and the service life of equipment. This study analyzes power loss, efficiency, and service life reduction of a 60 MVA 150/20 kV power transformer at the Kalibakal Purwokerto Substation and develops a calculation application to facilitate users. The analysis shows that transformer power loss increases with load, with a maximum value of 70.79 KW at an output power of 34.5 MW, and decreases to 41.36 KW when the output power drops to 17 MW, indicating that an increase in output power tends to be followed by an increase in power loss. Transformer efficiency remains very high in the range of 99.77%–99.80%, thus meeting the IEC 60076 standard even though the daily load fluctuates between 17–34 MW. Load variations do not have a significant impact on efficiency, which remains stable. However, loading has a direct effect on aging loss, where the highest winding temperature of 63.95°C at 60% loading results in an aging loss of 0.01862 p.u., with a remaining life of 83 years. This finding confirms that although loading affects thermal aging, the transformer's aging loss rate is still within the safe category.

Keyword : *Transformers, Efficiency, Aging.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
HALAMAN MOTO.....	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. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Hasil Penelitian Terdahulu.....	6
B. Landasan Teori.....	9
1. Sistem Ketenaga Listrikan.....	9
2. Saluran Transmisi.....	10
3. Gardu Induk.....	12
4. Transformator.....	13
5. Prinsip Kerja Transformator.....	14
6. Bagian-Bagian Transformator.....	15
7. Jenis Daya Listrik.....	20

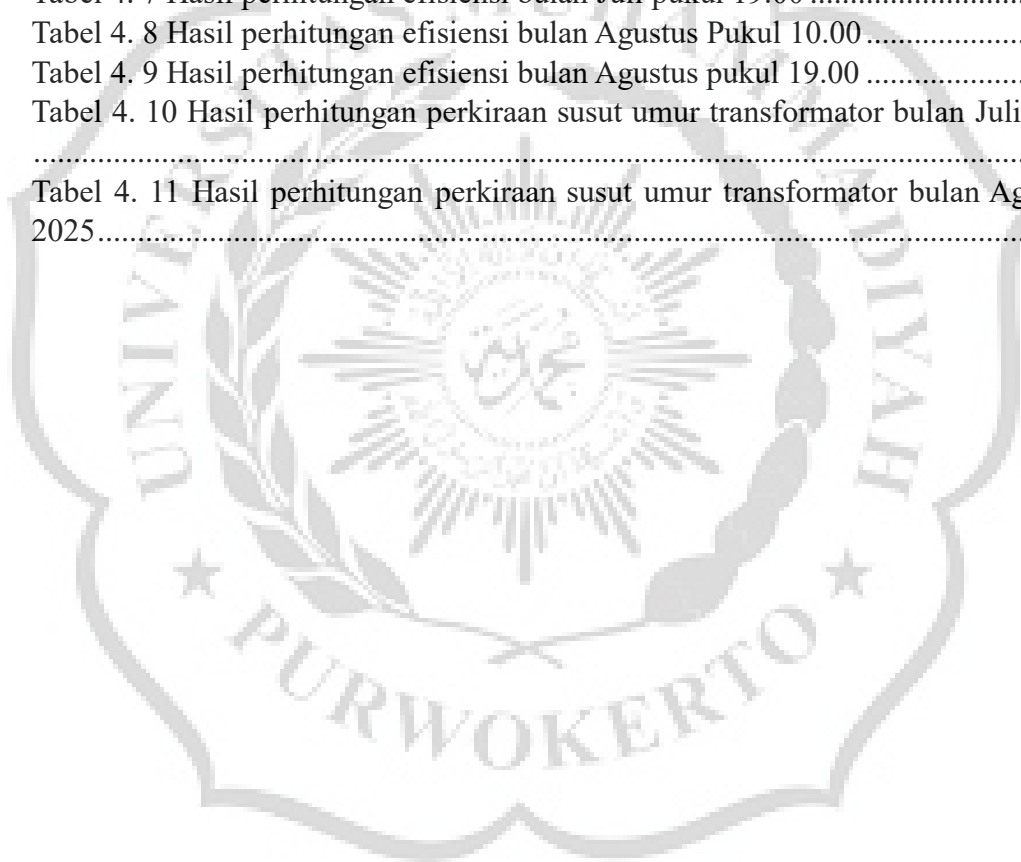
8.	Sistem pendinginan transformator	23
9.	Karakteristik Transformator	23
10.	Rugi-Rugi Daya	25
11.	Waktu Beban Puncak dan Luar Beban Puncak.....	26
12.	Susut Umur Transformator	27
13.	Efisiensi Transformator.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....		30
A.	Jenis Penelitian	30
B.	Diagram Alir	30
C.	Alat Dan Bahan	31
D.	Metode Pengumpulan Data	32
E.	Metode Analisis Pengujian	35
BAB IV PEMBAHASAN.....		44
A.	Perhitungan Rugi Daya.....	50
B.	Perhitungan Efisiensi.....	56
C.	Hasil dan Evaluasi Kinerja Transformator	58
D.	Perhitungan Susut Umur Transformator.....	88
E.	Perancangan Aplikasi Kalkulator Rugi daya dan Efisiensi	101
F.	Perancangan Aplikasi Kalkulator Susut Umur Transformator	107
BAB V KESIMPULAN		112
DAFTAR PUSTAKA		116
LAMPIRAN.....		L-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem tenaga listrik.	10
Gambar 2. 2 Saluran Transmisi.....	12
Gambar 2. 3 Transformator.....	13
Gambar 2. 4 Kumputan.....	17
Gambar 2. 5 Inti Besi.	18
Gambar 2. 6 <i>Konservator</i>	19
Gambar 2. 7 Segitiga Daya.	21
Gambar 3. 1 Diagram alir.....	31
Gambar 3. 2 Denah Lokasi Gardu Induk Kalibakal.....	34
Gambar 4. 1 Transformator 60 MVA GI Kalibakal.....	45
Gambar 4. 2 Grafik daya <i>output</i> bulan Juli pukul 10.00.....	61
Gambar 4. 3 Grafik daya <i>output</i> bulan Juli pukul 19.00.....	65
Gambar 4. 4 Grafik daya <i>output</i> bulan Agustus pukul 10.00.....	69
Gambar 4. 5 Grafik daya <i>output</i> bulan Agustus pukul 19.00.....	73
Gambar 4. 6 Grafik rugi daya dan daya <i>output</i> bulan Juli pukul 10.00.....	75
Gambar 4. 7 Grafik rugi daya dan daya <i>output</i> bulan Juli pukul 19.00.....	76
Gambar 4. 8 Grafik rugi daya dan daya <i>output</i> bulan Agustus Pukul 10.00.....	77
Gambar 4. 9 Grafik rugi daya dan daya <i>output</i> bulan Agustus Pukul 19.00.....	79
Gambar 4. 10 Grafik daya <i>output</i> dan efisiensi bulan Juli pukul 10.00.....	81
Gambar 4. 11 Grafik daya <i>output</i> dan efisiensi bulan Juli pukul 19.00.....	83
Gambar 4. 12 Grafik daya <i>output</i> dan efisiensi bulan Agustus pukul 10.00.....	84
Gambar 4. 13 Grafik daya <i>output</i> dan efisiensi bulan Agustus pukul 19.00.....	86
Gambar 4. 14 perbandingan susut umur bulan Juli dan Agustus 2025.....	95
Gambar 4. 15 Tampilan membuat desain menu utama.....	98
Gambar 4. 16 Tampilan Halaman Utama.....	99
Gambar 4. 17 Tampilan Menu <i>About</i>	100
Gambar 4. 18 Tampilan menu <i>close</i>	101
Gambar 4. 19 Menu <i>Layout Editor</i>	103
Gambar 4. 20 Tampilan Kalkulator rugi daya dan efisiensi.....	104
Gambar 4. 21 Tampilan Menu <i>Code editor</i>	105
Gambar 4. 22 Hasil perhitungan Rugi daya dan efisiensi Transformator dengan aplikasi perhitungan.....	106
Gambar 4. 23 Menu <i>layout editor</i>	108
Gambar 4. 24 Tampilan kalkulator susut umur transformator.....	109
Gambar 4. 25 Tampilan menu <i>code editor</i>	110
Gambar 4. 26 Hasil perhitungan susut umur dengan aplikasi perhitungan.....	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sistem pendingin	23
Tabel 2. 2 Standar Efisiensi Transformator	29
Tabel 4. 1 Data spesifikasi transformator	45
Tabel 4. 2 Data beban puncak bulan Juli 2025	46
Tabel 4. 3 Data beban puncak bulan Agustus 2025	47
Tabel 4. 4 Data Suhu lingkungan Bulan Juli 2025	48
Tabel 4. 5 Data suhu lingkungan bulan Agustus 2025	49
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Efisiensi Bulan Juli pukul 10.00	59
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan efisiensi bulan Juli pukul 19.00	63
Tabel 4. 8 Hasil perhitungan efisiensi bulan Agustus Pukul 10.00	67
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan efisiensi bulan Agustus pukul 19.00	71
Tabel 4. 10 Hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator bulan Juli 2025	91
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan perkiraan susut umur transformator bulan Agustus 2025	93



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Nameplate</i> Transformator 5	L-1
Lampiran 2 <i>Logshet</i> bulan Juli	L-2
Lampiran 3 <i>Logshet</i> bulan Agustus	L-2
Lampiran 4 <i>Panel control</i> transformator 5	L-3
Lampiran 5 Transformator 5	L-3
Lampiran 6 Foto bersama pembimbing lapangan	L-4
Lampiran 7 <i>Maintenance</i> tahunan transformator 5	L-4

