



**OPTIMASI KEANDALAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
20 KV MELALUI PENURUNAN TEMPERATUR BUSBAR
PHASA R DI PT WILMAR NABATI INDONESIA**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Hendriko Joel Siregar
4142120036
UNIVERSITAS MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**OPTIMASI KEANDALAN TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
20 KV MELALUI PENURUNAN TEMPERATUR BUSBAR
PHASA R DI PT WILMAR NABATI INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

NAMA : Hendriko Joel Siregar
NIM : 41424120036
**PEMBIMBING : Imelda Uli Vistalina Simanjuntak, Ir.,
S.T.,M.T**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendriko Joel Siregar
N.I.M : 41424120036
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Optimasi Keandalan Transformator Distribusi 20kv
Melalui Penurunan Suhu Phasa R di PT Wilmar Nabati
Indonesia

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul :
“Optimasi Keandalan Transformator Distribusi 20kv Melalui Kenaikan Suhu Phasa
R di PT Wilmar Nabati Indonesia” adalah hasil karya saya sendiri, tidak
mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam
bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini,
saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan
Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap
mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk
digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 4 Agustus 2026

Hendriko Joel Siregar

HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : Hendriko Joel Siregar
N.I.M : 41424120036
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Optimasi Keandalan Transformotor Distribusi 20kv
Melalui Penurunan Suhu Phasa R di PT Wilmar Nabati
Indonesia

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada Rabu, 19 Agustus 2026 dengan hasil presentase sebesar 21 % dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 19 Agustus 2026

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

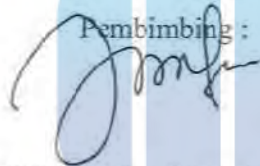
Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Hendriko Joel Siregar
NIM : 41424120036
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Optimasi Keandalan Transformator Distribusi 20 kV Melalui
Penurunan Temperatur Busbar Fasa R Di PT Wilmar Nabati
Indonesia

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 4 agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

Pembimbing :



(Ir. Imelda Uli Vistalina Simanjuntak, S.T.,M.T.)
NUPTK : 6333761662237163

U N I V E R S I T A S

Jakarta, 4 Agustus 2026

M E R C U B U A N A

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi S1 Teknik Elektro



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)
NUPTK: 6639750651230132



(Dr. Eng.Ir. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc.)
NUPTK: 2146770671130403

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan bimbingan, dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikannya Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng., selaku Rektor Universitas Mercu Buana, yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk menempuh pendidikan dan menyelesaikan studi di Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, yang telah memberikan dukungan serta fasilitas selama saya menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, yang telah memberikan arahan, motivasi, serta dukungan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini..
4. Ibu Imelda Uli Vistalina Simanjuntak, Ir., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing, mengarahkan, serta memberikan masukan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, dan motivasi selama masa perkuliahan.
6. Manajemen beserta seluruh karyawan PT Wilmar Nabati Indonesia yang telah memberikan izin, kesempatan, bantuan, dan dukungan selama pelaksanaan penelitian.

7. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral, motivasi, dan semangat kepada saya.
8. Mustika yang senantiasa memberikan doa, dukungan, motivasi, perhatian, dan semangat sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang telah memberikan semangat, bantuan, dan kerja sama selama proses penyusunan Tugas Akhir.
10. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Elektro, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai analisis kondisi termal busbar dan transformator distribusi.

Jakarta, 4 Agustus 2026

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Hendriko Joel Siregar

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendriko Joel Siregar
NIM : 41424120036
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Optimasi Keandalan Transformator Distribusi 20 kV Melalui Penurunan Temperatur Busbar Phasa R Di PT Wilmar Nabati Indonesia

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 4 Agustus 2026
Yang menyatakan,



Hendriko Joel Siregar

ABSTRAK

Transformator distribusi 20 kV merupakan peralatan utama dalam sistem distribusi tenaga listrik yang berfungsi menjaga kontinuitas pasokan energi pada proses produksi di PT Wilmar Nabati Indonesia. Hasil inspeksi termografi menunjukkan adanya kenaikan temperatur (*hotspot*) pada busbar Fasa R yang berpotensi meningkatkan rugi-rugi daya, mempercepat degradasi material, dan menurunkan keandalan transformator. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan keandalan transformator distribusi 20 kV melalui analisis kenaikan temperatur busbar Fasa R berdasarkan lima variabel penelitian, yaitu resistansi busbar akibat korosi, laju perpindahan panas yang dipengaruhi temperatur lingkungan, kontaminasi debu tepung, gaya jepit sambungan akibat torsi pengencangan baut, dan kerapatan arus. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif-analitis dan studi kasus pada transformator distribusi 20 kV tipe *outdoor*. Sampel penelitian terdiri atas 13 data pengukuran busbar Fasa R, yaitu 8 data sebelum pemeliharaan dan 5 data sesudah pemeliharaan, yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kondisi *hotspot* hasil inspeksi termografi. Data dikumpulkan melalui inspeksi visual, pengukuran temperatur menggunakan kamera termografi, pengukuran arus beban, temperatur lingkungan, dan dokumentasi lapangan. Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif menggunakan MATLAB R2022a dengan membandingkan nilai kelima variabel sebelum dan sesudah pemeliharaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur maksimum busbar menurun dari 136,3°C menjadi 70,0°C, nilai resistansi busbar turun dari 6,705–7,540 $\mu\Omega$ menjadi 6,104–6,188 $\mu\Omega$, rata-rata laju perpindahan panas menurun sebesar 53,77%, temperatur rata-rata busbar berkurang 41,94°C, serta pengencangan baut M12 dengan torsi 60 Nm menghasilkan gaya jepit sebesar 25.000 N, sementara kerapatan arus relatif tetap. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemeliharaan mampu memperbaiki kondisi fisik busbar dan kualitas sambungan sehingga temperatur operasi menurun tanpa mengubah tingkat pembebanan transformator, yang pada akhirnya meningkatkan keandalan transformator distribusi 20 kV.

Kata Kunci: Transformator Distribusi 20 kV, Busbar, Temperatur, Pemeliharaan, Keandalan Transformator.

ABSTRACT

A 20 kV distribution transformer is a vital component of the electrical power distribution system that ensures the continuity of electricity supply in the production process at PT Wilmar Nabati Indonesia. Thermographic inspection revealed a temperature rise (hotspot) on the Phase R busbar, which has the potential to increase power losses, accelerate material degradation, and reduce transformer reliability. This study aims to optimize the reliability of a 20 kV distribution transformer by analyzing the temperature rise of the Phase R busbar based on five research variables: busbar resistance due to corrosion, heat transfer rate influenced by ambient temperature, flour dust contamination, clamping force resulting from bolt tightening torque, and current density. This research employed a quantitative approach using a descriptive-analytical method and a case study on an outdoor-type 20 kV distribution transformer. The research sample consisted of 13 Phase R busbar measurement data, including 8 measurements before maintenance and 5 measurements after maintenance, selected using a purposive sampling technique based on hotspot conditions identified through thermographic inspection. Data were collected through visual inspection, temperature measurements using a thermal imaging camera, load current measurements, ambient temperature measurements, and field documentation. Data analysis was carried out using descriptive quantitative analysis with MATLAB R2022a by comparing the values of the five variables before and after maintenance. The results showed that the maximum busbar temperature decreased from 136.3°C to 70.0°C, busbar resistance decreased from 6.705–7.540 $\mu\Omega$ to 6.104–6.188 $\mu\Omega$, the average heat transfer rate decreased by 53.77%, the average busbar temperature decreased by 41.94°C, and tightening M12 bolts with a torque of 60 Nm produced a clamping force of 25,000 N, while the average current density remained relatively constant. These findings indicate that maintenance effectively improved the physical condition of the busbar and the quality of its electrical connections, thereby reducing the operating temperature without altering the transformer loading level and ultimately enhancing the reliability of the 20 kV distribution transformer.

Keywords: 20 kV Distribution Transformer, Busbar, Temperature, Maintenance, Transformer Reliability.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	0
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan & Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Tujuan Penelitian	4
1.4.2 Manfaat Penelitian	4
1.5 Sistematika Laporan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Studi Literatur	7
2.2 Transformator Distribusi.....	9
2.3 Sistem Tiga Fasa	12
2.4 Pengertian Busbar	14
2.4.1 Karakteristik dan Prinsip Busbar Transformator 20 Kv.....	14
2.5 Jenis-Jenis dan Sistem Koneksi Busbar	15

2.6 Parameter Penelitian.....	15
2.6.1 Pengaruh Korosi terhadap Resistansi Busbar	15
2.6.2 Pengaruh Temperatur Lingkungan terhadap Perpindahan Panas Busbar	17
2.6.3 Analisis Pengaruh Kontaminasi Debu Tepung terhadap Temperatur Busbar	18
2.6.4 Pengaruh Torsi Pengencangan Baut terhadap Gaya Jepit Sambungan Busbar	19
2.6.5 Analisis Kerapatan Arus pada Busbar	21
2.7 Integrasi Kelima Parameter dalam Mekanisme Overheating.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Pendekatan Penelitian.	23
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.3 Profil Objek Penelitian.....	26
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	31
3.6 Diagram Alir Penelitian	31
3.7 Metode Analisis Data	33
3.8 Pengolahan Data Menggunakan MATLAB.....	34
3.9 Asumsi Penelitian	34
3.10 Data Existing objek penelitian.....	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1. Analisis Pengaruh Korosi Busbar	36
4.1.1 Kondisi Korosi Sebelum Pemeliharaan	36
4.1.2 Kondisi Korosi Setelah Pemeliharaan.....	37
4.1.3 Perbandingan Sebelum dan Sesudah Perbaikan.....	38
4.2. Analisis Pengaruh Temperatur Lingkungan terhadap Perpindahan Panas Busbar.....	40
4.2.1. Temperatur Lingkungan Sebelum Pemeliharaan	40
4.2.2. Perhitungan Laju Perpindahan Panas Busbar Setelah Perbaikan.....	41
4.2.3. Perbandingan Laju Perpindahan Panas Busbar Sebelum dan Setelah Perbaikan	42

4.3. Analisis Pengaruh Kontaminasi Debu Tepung terhadap Kenaikan Temperatur Busbar.....	44
4.3.1. Analisis Temperatur Busbar Sebelum Pembersihan Debu Tepung...	44
4.3.2. Analisis Temperatur Busbar Setelah Pembersihan Debu Tepung	45
4.3.3. Perbandingan Temperatur Busbar Sebelum dan Setelah Pembersihan Debu Tepung	46
4.4. Analisis Pengaruh Torsi Pengencangan Baut terhadap Sambungan Busbar	47
4.4.1. Perhitungan Gaya Jepit Baut Menggunakan MATLAB.....	47
4.4.2. Analisis Pengaruh Gaya Jepit Baut terhadap Sambungan Busbar	48
4.4.3. Evaluasi Kondisi Sambungan Baut Sebelum dan Setelah Pengencangan	48
4.5. Analisis Pengaruh Kerapatan Arus terhadap Busbar	49
4.5.1 Perhitungan Kerapatan Arus Sebelum Perbaikan	49
4.5.2 Perhitungan Kerapatan Arus Setelah Perbaikan.....	50
4.5.3 Perbandingan Kerapatan Arus Sebelum dan Setelah Pemeliharaan .	51
4.6. Analisis Keterkaitan Antar Parameter.....	52
4.7. Kelebihan dan Perbedaan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya	53
BAB V PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	56
Daftar Pustaka	57
LAMPIRAN	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Ringkasan penelitian terdahulu yang relevan disajikan pada	7
Tabel 2. 2 Torque(NM).....	21
Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	25
Tabel 3. 2 Data	27
Tabel 3. 3 Spesifikasi Busbar Penelitian	29
Tabel 3. 4 Alat Penelitian	30
Tabel 3. 5 Bahan Penelitian.....	31
Tabel 4. 1 Temperatur dan Resistansi Busbar Sebelum Pemeliharaan	36
Tabel 4. 2 Estimasi Resistansi Busbar Setelah Perbaikan	37
Tabel 4. 3 Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Perbaikan	39
Tabel 4. 4 Temperatur Lingkungan dan Laju Perpindahan Panas Sebelum Pemeliharaan.....	40
Tabel 4. 5 Perhitungan Laju Perpindahan Panas Busbar Setelah Perbaikan.....	41
Tabel 4. 6 Perbandingan Laju Perpindahan Panas Busbar	42
Tabel 4. 7 Temperatur Busbar Sebelum Pembersihan Debu Tepung	44
Tabel 4. 8 Temperatur Busbar Setelah Pembersihan Debu Tepung	45
Tabel 4. 9 Perbandingan Temperatur Busbar Sebelum dan Setelah Pembersihan Debu Tepung	46
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Gaya Jepit Baut.....	48
Tabel 4. 11 Evaluasi Sambungan Baut.....	48
Tabel 4. 12 Perhitungan Kerapatan Arus Sebelum Perbaikan.....	49
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Kerapatan Arus Setelah Perbaikan	50
Tabel 4. 14 Perbandingan Kerapatan Arus Sebelum dan Setelah Perbaikan	51
Tabel 4. 15 Perbandingan Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Transformator & Busbar	10
Gambar 2. 2 Hallow Busbar	15
Gambar 2. 3 Busbar Solid	15
Gambar 2. 4 Busbar Korosi	16
Gambar 2. 5 Lokasi Transformator	17
Gambar 2. 6 Busbar Terindikasi Korosi	18
Gambar 2. 7 Melakukan pengernjangan Baut	19
Gambar 2. 8 Pertemuan kontak sambungan busbar (Agus Kristianto, dkk. 2013)	21
Gambar 3. 1 Ruang Transformator 20 kV PT Wilmar Nabati Indonesia	23
Gambar 3. 2 Transformator 20 kV tipe Outdoor yang menjadi objek penelitian..	24
Gambar 3. 3 Gambaran Umum Objek Penelitian	26
Gambar 3. 4 Nameplate Transformator	28
Gambar 3. 5 Busbar dan Isolator pada Panel Listrik	29
Gambar 3. 6 Torque Wrench	30
Gambar 3. 7 Thermo-Hygrameter	30
Gambar 3. 8 Clamp Meter	30
Gambar 3. 9 Kamera Termografi	30
Gambar 3. 10 Busbar	30
Gambar 3. 11 Matlab	30
Gambar 3. 12 Laptop Asus	30
Gambar 3. 13 Baut M12	30
Gambar 3. 14 Flowchart	32
Gambar 3. 15 Metode Analisis Data	33
Gambar 3. 17 Grafik Temperatur Busbar Phasa R Sebelum Perbaikan	35
Gambar 3. 18 Grafik Kelembapan Lingkungan Sebelum Perbaikan	35
Gambar 3. 19 Grafik Temperatur Lingkungan Sebelum Perbaikan	35
Gambar 4. 1 Grafik Resistansi Busbar Sebelum Perbaikan	37
Gambar 4. 3 Grafik Resistansi Busbar Setelah Perbaikan	38
Gambar 4. 5 Grafik Laju Perpindahan Panas Sebelum Pemeliharaan	41
Gambar 4. 6 Laju Perpindahan Panas Busbar Setelah Perbaikan	42
Gambar 4. 7 Perbandingan Rata – Rata Laju Perpindahan Panas	43
Gambar 4. 8 Temperatur Busbar Sebelum Pembersihan Debu tepung	44
Gambar 4. 9 Temperatur Busbar Setelah Pembersihan Debu Tepung	45
Gambar 4. 10 Perbandingan Temperatur Busbar	46
Gambar 4. 11 Perhitungan Gaya Jepit baut Menggunakan MATLAB	47
Gambar 4. 12 Grafik Kerapatan Arus Sebelum Perbaikan	50

Gambar 4. 13 Grafik Kerapatan Arus Setelah Perbaikan.....	51
Gambar 4. 14 Perbandingan Rata – Rata Kerapatan Arus	52



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lingkungan Penelitian
- Lampiran 2 Suhu lingkungan sebelum perbaikan
- Lampiran 3 Suhu lingkungan sesudah perbaikan
- Lampiran 4 Data Arus sebelum Perbaikan
- Lampiran 5 Data arus setelah perbaikannya
- Lampiran 6 Suhu setelah
- Lampiran 7 Suhu busbar pasa sebelum perbaikan
- Lampiran 8 Tahap pengerjaan
- Lampiran 9 Busbar Sebelum Dan Sesudah Perbaikan



UNIVERSITAS
MERCU BUANA