

**“ANALISIS KEKUATAN MEKANIS BANDAGE TAPE DAN *FASTENER*
PADA PELAT CEKAM SILICON *ASSEMBLY* INTI TRANSFORMATOR 39
TON DENGAN TEKANAN 0,25 BAR”**



UNIVERSITAS
INDRA BINTANG RAMADHAN
41321110055
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2025**

LAPORAN TUGAS AKHIR

“ANALISIS KEKUATAN MEKANIS BANDAGE TAPE DAN *FASTENER* PADA PELAT CEKAM SILICON ASSEMBLY INTI TRANSFORMATOR 39 TON DENGAN TEKANAN 0,25 BAR”



Disusun oleh : Indra Bintang Ramadhan

NIM : 41321110055

Program Studi : Teknik Mesin

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan untuk :

Nama : Indra Bintang Ramadhan

NIM : 41321110055

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Tugas Akhir : “Analisis Kekuatan Mekanis Bandage Tape dan Fastener pada Pelat Cekam Silicon Assembly Inti Transformator 39 Ton dengan Tekanan 0,25 Bar”

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelas Sarjana Strata I pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh :

Pembimbing : Dianta Ginting, S.Si, M.Sc, Ph.D ()

NIDN : 324118202

Penguji 1 : Dra. I Gusti Ayu Arwati, MT, Ph.D ()

NIDN : 10046408

Penguji 2 : Swandya Eka Pratiwi, S.T., M.Sc. ()

NIDN : 320059101

MERCU BUANA

Jakarta, 02 Agustus 2025

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T
NIDN. 0307037202

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T
NIDN. 0005087502

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Indra Bintang Ramadhan

Nim : 41321110055

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Laporan Tugas Akhir : “Analisis Kekuatan Mekanis Bandage Tape dan *Fastener* pada Pelat Cekam Silicon *Assembly* Inti Transformator 39 Ton dengan Tekanan 0,25 Bar”

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau pejiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 02 Agustus 2025



Indra Bintang Ramadhan

PENGHARGAAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa. Yang telah memberikan rahmat dan hidayah-nya sehingga penulis diberikan kekuatan untuk dapat menyelesaikan Lamporan Tugas Akhir dengan judul :

“ANALISIS KEKUATAN MEKANIS BANDAGE TAPE DAN *FASTENER* PADA PELAT CEKAM SILICON ASSEMBLY INTI TRANSFORMATOR 39 TON DENGAN TEKANAN 0,25 BAR”

Laporan ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Penulis menyadari bahwa laporan teknik ini terwujud atas bimbingan, dorongan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof., Dr., Ir., Andi Adriansyah., M. Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr., Zulfa Fitri Ikatrinasari., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng., Imam Hidayat., S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Nurato., S.T., M.T., Ph.D selaku Sekretaris Program Studi dan dosen koordinator tugas akhir Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Dianta Ginting, S.Si, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir.
6. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
7. Suhartoyo dan Rusmiyati selaku Kedua Orang Tua yang selalu mendukung proses perkuliahan selama ini.
8. Teman-teman sesama mahasiswa Universitas Mercu Buana yang telah memberikan dukungan untuk terus menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Semua pihak yang turut membantu secara langsung dan tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu persatu tanpa mengurangi besar rasa terima kasih dan hormat saya.

Dalam penyusunan laporan kerja praktik ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang disebabkan karena keterbatasan penulis yang masih dalam tahap belajar. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan guna penyempurnaan laporan kerja praktik ini.

Akhirnya penulis berharap, dengan adanya laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca umumnya. Amin.

Jakarta, 02 Agustus 2025



Indra Bintang Ramadhan



ABSTRAK

Transformator daya merupakan komponen kritis dalam sistem distribusi listrik yang memerlukan integritas struktural tinggi pada inti besi untuk menjamin operasional yang optimal. Penelitian ini bertujuan menganalisis kekuatan mekanis bandage tape dan *fastener* pada pelat cekam silikon *assembly* inti transformator berkapasitas 39 ton dengan tekanan operasional 0,25 MPa. Metode penelitian menggunakan pendekatan mekanika material dan teknik untuk menganalisis bandage tape Polyglas berbasis serat kaca-resin poliester serta *fastener* baut material kelas 8.8 (M12, M16, M20) dan *stainless steel* A2-70.

Parameter analisis meliputi: bandage tape dengan kekuatan tarik 1.800 N/cm per lapisan pada suhu operasi 155°C, konfigurasi 3 grup per HAP dengan 2 set per grup dan 16 lapisan per axle, serta perhitungan beban operasional berdasarkan diameter inti 745 mm dan tekanan permukaan 0,25 MPa. Analisis *fastener* mencakup perhitungan tegangan geser, tarik, dan ekuivalen dengan torsi pemasangan yang sesuai, serta verifikasi kekuatan axle bandage diameter 40 mm terhadap momen lentur.

Hasil penelitian menunjukkan bandage tape Polyglas dengan konfigurasi optimal memberikan kapasitas total 345,6 kN dengan rasio keamanan 1,19 terhadap gaya sudut HAP sebesar 290,3 kN. Analisis *fastener* menunjukkan bolt M12 tidak memenuhi persyaratan (tegangan ekuivalen 952,85 N/mm² > batas ijin 576 N/mm²), sedangkan bolt M16 dan M20 memenuhi persyaratan dengan margin keamanan masing-masing 12,2% dan 42,2%. Axle bandage menunjukkan kekuatan struktural sangat memadai dengan tegangan lentur aktual 134,75 N/mm², jauh di bawah batas ijin 370 N/mm².

Penelitian ini merekomendasikan penggunaan bandage tape Polyglas dengan konfigurasi yang dianalisis dan *fastener* bolt M16 material kelas 8.8 sebagai solusi optimal yang memenuhi aspek kekuatan, efisiensi material, dan ekonomis untuk aplikasi transformator daya 39 ton dengan tekanan operasi 0,25 MPa.

Kata Kunci: Transformator Daya, Bandage Tape, *Fastener*, *Silicon Assembly*, Kekuatan Mekanis, Analisis Tegangan, Pelat Cekam, Material Kelas 8.8

**"MECHANICAL STRENGTH ANALYSIS OF BANDAGE TAPE AND FASTENER ON
SILICON ASSEMBLY CLAMPING PLATE OF 39-TON TRANSFORMER CORE
WITH 0.25 BAR PRESSURE"**

ABSTRACT

Power transformers are critical components in electrical distribution systems that require high structural integrity in the iron core to ensure optimal operation. This study aims to analyze the mechanical strength of bandage tape and fasteners on the silicon assembly clamping plate of a 39-ton capacity transformer core with an operational pressure of 0.25 MPa. The research methodology employs material mechanics and engineering approaches to analyze Polyglas bandage tape based on glass fiber-polyester resin and fastener bolts of class 8.8 material (M12, M16, M20) and stainless steel A2-70.

Analysis parameters include: bandage tape with tensile strength of 1,800 N/cm per layer at operating temperature of 155°C, configuration of 3 groups per HAP with 2 sets per group and 16 layers per axle, as well as operational load calculations based on core diameter of 745 mm and surface pressure of 0.25 MPa. Fastener analysis encompasses calculations of shear, tensile, and equivalent stresses with appropriate installation torque, along with verification of axle bandage strength with 40 mm diameter against bending moment.

Research results demonstrate that Polyglas bandage tape with optimal configuration provides a total capacity of 345.6 kN with a safety ratio of 1.19 against HAP angular force of 290.3 kN. Fastener analysis shows that M12 bolts do not meet requirements (equivalent stress $952.85 \text{ N/mm}^2 > \text{allowable limit } 576 \text{ N/mm}^2$), while M16 and M20 bolts meet requirements with safety margins of 12.2% and 42.2% respectively. The axle bandage shows very adequate structural strength with actual bending stress of 134.75 N/mm^2 , well below the allowable limit of 370 N/mm^2 .

This research recommends the use of Polyglas bandage tape with the analyzed configuration and M16 class 8.8 material fastener bolts as the optimal solution that meets strength, material efficiency, and economic aspects for 39-ton power transformer applications with 0.25 MPa operating pressure.

Keywords: *Power Transformer, Bandage Tape, Fastener, Silicon Assembly, Mechanical Strength, Stress Analysis, Clamping Plate, Class 8.8 Material.*



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 BATASAN PENELITIAN	4
BAB II	5
2.1 DESAIN SILICON ASSEMBLY INTI TRANSFORMATOR 39 TON	5
2.2 DESAIN PELAT CEKAM ASSEMBLY INTI TRANSFORMATOR	7
2.3 BANDAGE TAPE	11
2.3.1 MATERIAL BANDAGE TAPE PADA PELAT CEKAM	11
2.3.2 FUNGSI BANDAGE TAPE POLYGLAS TIPE (P30)	15
2.4 <i>FASTENER (BOLT)</i>	17
2.4.1 MATERIAL <i>FASTENER (BOLT)</i> PADA PELAT CEKAM	17
2.4.2 FUNGSI <i>FASTENER (BOLT)</i> PADA PELAT CEKAM	23
2.5 PENELITIAN TERDAHULU TERKAIT KEKUATAN MEKANIS SISTEM PENGIKAT INTI TRANSFORMATOR	23

2.6 KERANGKA KONSEPTUAL	27
BAB III	28
3.1 DIAGRAM ALIR PERHITUNGAN BANDAGE <i>TRANSFORMER, BOLT</i> DAN <i>TORSION</i>	28
3.2 TAHAPAN PROSES PENELITIAN	30
3.3 LOKASI PENELITIAN	33
3.4 ALAT DAN BAHAN	33
BAB IV	35
4.1 HASIL ANALISIS KEKUATAN MEKANIS BANDAGE TAPE	35
4.1.1 PERHITUNGAN BEBAN OPERASIONAL	35
4.1.2 ANALISIS GAYA DAN DISTRIBUSI BEBAN	36
4.1.3 KONFIGURASI DAN KAPASITAS BANDAGE	38
4.1.4 VERIFIKASI KEKUATAN BANDAGE	39
4.2 HASIL ANALISIS KEKUATAN MEKANIS FASTENER	41
4.2.1 SPESIFIKASI FASTENER	41
4.2.2 PERHITUNGAN BEBAN PADA FASTENER	43
4.2.3 ANALISIS TORSI DAN TEGANGAN FASTENER	43
4.2.4 ANALISIS AXLE BANDAGE	48
4.3 PEMBAHASAN	50
4.3.1 ANALISIS KEKUATAN BANDAGE TAPE	50
4.3.2 ANALISIS KEKUATAN FASTENER	51
4.3.3 ANALISIS STRUKTURAL AXLE	51
4.3.4 IMPLIKASI TERHADAP DESAIN	52
BAB V	53
5.1 KESIMPULAN	53
5.2 SARAN	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.1 Produk Transformator Daya
- Gambar 1.2 Pencekam Bandage Tape & Fastener Inti Besi
- Gambar 2.1 Inti Besi Transformator
- Gambar 2.2 Desain Inti Besi Transformator 39 ton
- Gambar 2.3 Desain Pelat Cekam Silicon Assembly Inti Transformator
- Gambar 2.4 Perhitungan Desain Pelat Cekam Silicon Assembly
- Gambar 2.5 Pita Fiberglass dengan Resin Poliester
- Gambar 2.6 Grafik Kondisi Pengerasan Pita Fiberglass
- Gambar 2.7 Grafik Kekuatan Tarik Pita Fiberglass
- Gambar 2.8 Fastener (Bolt) M12, M16 dan M20 Material St 8.8 dan AISI 304
- Gambar 3.1 Diagram Alir Perhitungan Bandage, *Bolt* dan *Torsion*
- Gambar 4.1 Perhitungan Analisis Gaya Dan Distribusi Beban
- Gambar 4.2 Perhitungan Konfigurasi Dan Kapasitas Bandage
- Gambar 4.3 Design Bandage Tape Dan Fastener Full Assembly
- Gambar 4.4 Grafik Spesifikasi Fastener M12, M16, dan M20 Material Class 8.8
- Gambar 4.5 Grafik Spesifikasi Fastener M12, M16, dan M20 Material Class A2-70
- Gambar 4.6 Axle Bandage (Struktur Penahan Bandage)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Material Bandage Tape

Tabel 2.2 Produk Bandage Polyglas Tipe (P30)

Tabel 2.3 Bolt Size M12

Tabel 2.4 *Bolt Size* M16

Tabel 2.5 *Bolt Size* M20

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 4.1 Spesifikasi material bandage tape

Tabel 4.2 Data Beban Operasional

Tabel 4.3 Jenis Gaya

Tabel 4.4 Parameter Konfigurasi Bandage

Tabel 4.5 Spesifikasi Fastener material class 8.8

Tabel 4.6 Spesifikasi Fastener material A2-70

Tabel 4.7 Konstanta Perhitungan Torsi M12

Tabel 4.8 Perhitungan Torsi, Tegangan M12

Tabel 4.9 Konstanta Perhitungan Torsi M16

Tabel 4.10 Perhitungan Torsi, Tegangan M16

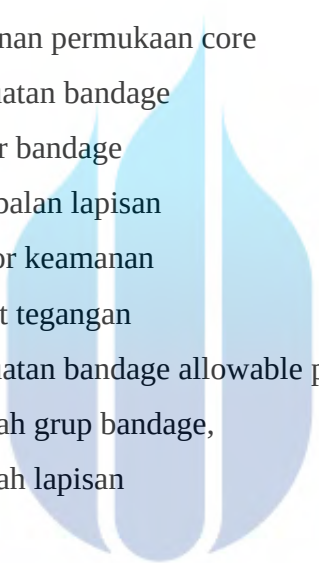
Tabel 4.11 Konstanta Perhitungan Torsi M20

Tabel 4.12 Perhitungan Torsi, Tegangan M20

Tabel 4.13 Parameter Analisis Axle Bandage

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$F_t \text{ max}$	Gaya maksimum yang diizinkan pada kondisi tarik (N)
$F_s \text{ max}$	Gaya maksimum yang diizinkan pada kondisi geser (N)
R_M	Tensile strength material (N/mm ²)
A_s	Stress area baut (mm ²)
HAP	Tinggi area core
BP	Lebar core
P	Tekanan permukaan core
σ_{str}	Kekuatan bandage
w	Lebar bandage
tb	Ketebalan lapisan
sf	Faktor keamanan
α	Sudut tegangan
Fall	Kekuatan bandage allowable per layer
nb	Jumlah grup bandage,
nl	Jumlah lapisan



 UNIVERSITAS
 MERCU BUANA

DAFTAR SINGKATAN

Simbol	Keterangan
N	Newton
Mm	Milimeter
MVA	Mega Volt Ampere
Act	Surface Area
Fn	Normal Force
MPa	MegaPascal
kN	KiloNewton



U N I V E R S I T A S
M E R C U B U A N A