

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH PENUAAN MINYAK
ISOLASI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
TERHADAP KARAKTERISTIK DIELEKTRIK**



Disusun Oleh :

DAFA ALIF MAULANA
1452100040

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2025**

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH PENUAAN MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI TERHADAP KARAKTERISTIK DIELEKTRIK



Disusun Oleh :

DAFA ALIF MAULANA
1452100040

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2025

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

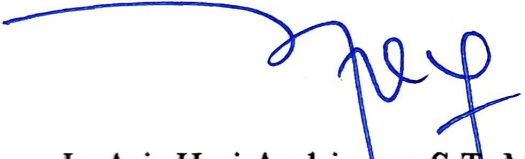
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

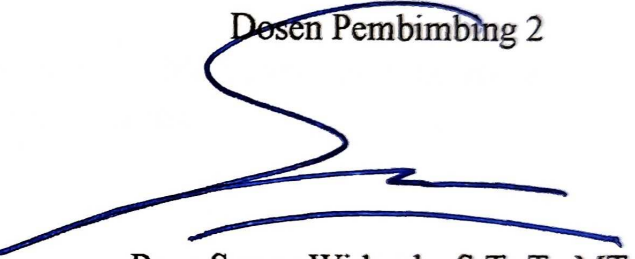
Nama : Dafa Alif Maulana
NBI : 1452100040
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : **ANALISIS PENGARUH PENUAAN
MINYAK ISOLASI
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI
TERHADAP KARAKTERISTIK
DIELEKTRIK**

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


Ir. Aris Heri Andriawan, S.T., M.T.
NPP. 20450.03.0558


Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT.
NPP. 20450.22.0860

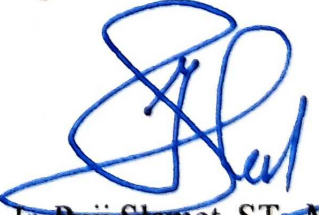
Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua
Program Studi Teknik Elektro



Dr. Ir. Sajyo, M.Kes., IPU., ASEAN Eng.,
NPP. 20410.90.0197


Ir. Puji Stamet, ST., M.T.
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dafa Alif Maulana

NBI : 1452100040

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“ANALISIS PENGARUH PENUAAN MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI TERHADAP KARAKTERISTIK DIELEKTRIK”

Adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip maupun yang dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar Pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 14 Juli 2025



Dafa Alif Maulana

NBI. 1452100040



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
Jl. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dafa Alif Maulana
NBI/NPM : 1452100040
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk
memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free
Right*)**, atas karya saya yang berjudul:

**“ANALISIS PENGARUH PENUAAN MINYAK ISOLASI
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI TERHADAP KARAKTERISTIK
DIELEKTRIK”**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-
Free Right*), Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah
dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, mempublikasikan karya
ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 14 Juli 2025.

Surabaya, 14 Juli 2025


METERAI
TEMPEL
C8BF2ANX021315197

Dafa
NBI. 1452100040

ABSTRAK

Minyak transformator berperan penting sebagai isolator listrik dan pendingin dalam sistem distribusi tenaga listrik. Namun, seiring waktu penggunaan, minyak mengalami penuaan akibat faktor panas, oksidasi, dan kontaminasi, yang menurunkan karakteristik dielektriknya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penuaan terhadap kemampuan isolasi minyak transformator serta mengevaluasi efektivitas proses pemurnian dalam memulihkan kualitasnya. Pengujian dilakukan terhadap tiga merek minyak transformator (Shell Diala S4, PSP, dan Pri Apar) dalam kondisi baru, Penuaan pakai, dan setelah dilakukan pemurnian. Metode pengujian yang digunakan adalah uji tegangan tembus (breakdown voltage) serta analisis distribusi Weibull untuk mengetahui probabilitas kegagalan dielektrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak yang telah mengalami penuaan memiliki penurunan signifikan pada tegangan tembus, sehingga berisiko lebih tinggi mengalami kegagalan isolasi. Proses pemurnian terbukti efektif dalam meningkatkan kembali tegangan tembus minyak. Di antara ketiga merek yang diuji, Shell Diala S4 menunjukkan performa dielektrik terbaik dan paling stabil baik sebelum maupun sesudah pemurnian. Studi ini merekomendasikan dilakukannya pemurnian berkala untuk mempertahankan performa isolasi transformator serta pentingnya pemilihan minyak berkualitas tinggi guna menjamin keandalan sistem kelistrikan jangka panjang.

Kata kunci: Minyak transformator, tegangan tembus, penuaan, pemurnian, distribusi Weibull, karakteristik dielektrik.

ABSTRACT

Transformer oil plays an important role as an electrical insulator and coolant in the electric power distribution system. However, over time, the oil ages due to heat, oxidation, and contamination, which degrades its dielectric characteristics. This study aims to analyze the effect of aging on the insulating ability of transformer oil and evaluate the effectiveness of the refining process in restoring its quality. Tests were conducted on three brands of transformer oil (Shell Diala S4, PSP, and Pri Apar) in new, aging, and after refining conditions. The test methods used were the breakdown voltage test and Weibull distribution analysis to determine the probability of dielectric failure. The results showed that aged oil had a significant decrease in breakdown voltage, thus having a higher risk of insulation failure. The refining process proved effective in increasing the oil's breakdown voltage. Among the three brands tested, Shell Diala S4 showed the best and most stable dielectric performance both before and after refining. This study recommends periodic refining to maintain transformer insulation performance and the importance of selecting high-quality oil to ensure long-term electrical system reliability.

Keywords: *Transformer oil, breakdown voltage, aging, refining, Weibull distribution, dielectric characteristics*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayahnya sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul ANALISIS PENGARUH PENUAAN MINYAK ISOLASI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI TERHADAP KARAKTERISTIK DIELEKTRIK dapat terselesaikan. Laporan ini di susun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Jurusan Teknik Elektro.

Penulis Laporan ini sudah berupaya untuk menyelesaikan laporan dengan baik, tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberi kemudahan dan kelancaran serta rahmat-Nya selama pelaksanaan kerja praktek hingga selesai.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan bantuan dalam bentuk moral, material dan doa kepada praktikan
3. Bapak Dr. Ir. Sajiyo, M.Kes., IPU., ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
4. Bapak Puji Slamet, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
5. Seluruh dosen dan staf pengajar program studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Bapak Ahmad Mulyono, S.T.Selaku Pembimbing di PT MULYA JATRA.
7. Para Karyawan PT MULYA JATRA yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis.
8. Teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan laporan.

Dalam penyusunan laporan, penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis menyambut baik kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan laporan ini.

Surabaya, 14 Juli 2025



Dafa Alif Maulana

NBI. 1452100040

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA.....	iv
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Kontribusi Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. DASAR TEORI	5
2.1 State of The Art.....	5
2.2 Transformator	7
2.2.1 Pengertian Transformator	7
2.2.2 Prinsip Kerja Transformator	8
2.2.3 Bagian Bagian Transformator dan Fungsinya.....	8
2.2.4 Jenis Jenis Transformator	12
2.3 Transformator Distribusi	14
2.3.1 Pengertian Transformator Distribusi.....	15
2.3.2 Rangkaian Delta - Star.....	15
2.4 Minyak Transformator	16

2.4.1	Pengertian Minyak Transformator.....	16
2.4.2	Jenis Jenis Minyak Transformator.....	16
2.5.	Karakteristik Minyak Transformator.....	17
2.5.1	Sifat Sifat Fisik.....	17
2.5.2	Sifat Sifat Kimia	19
2.6.	Teori Kegagalan Isolasi Cair	19
2.7.	Uji Breakdown Voltage (BDV).....	20
2.8.	Parameter Standarisasi Tegangan Tembus Minyak Transformator	21
2.8.1	Standar IEC 60156	21
2.8.2	Standar SPLN No. 49 – 1982	22
2.9 .	Jenis Jenis Gangguan Internal Transformator.....	22
2.10	Jenis Jenis Gangguan Eksternal Transformator	23
2.11.	Distribusi Probabilitas	24
2.12.	Model Distrubusi Weibull	26
2.13	Parameter Distribusi Weibull	27
BAB III. METODE PENELITIAN		29
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.2.	Metode Penelitian.....	29
3.3.	Diagram Alir Penelitian.....	30
3.3.1	Studi Literatur	31
3.3.2	Pengambilan Data.....	32
3.3.3	Pengolahan Data.....	34
3.4	Jadwal Pelaksanaan	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1.	Data dan Hasil Pengukuran	37
4.1.1.	Tegangan Tembus Minyak Transformator Baru Shell Diala S4.....	37
4.1.2.	Tegangan Tembus Minyak Transformator Baru PSP	38
4.1.3.	Tegangan Tembus Minyak Transformator Baru Pri Apar	40

4.1.4.	Tegangan Tembus Minyak Transformator Penuaan Shell Diala S4.....	42
4.1.5.	Tegangan Tembus Minyak Transformator Penuaan PSP.....	44
4.1.6.	Tegangan Tembus Minyak Transformator Penuaan Pri Apar.....	46
4.1.7	Tegangan Tembus Minyak Transformator Shell Diala S4 Setelah Pemurnian	47
4.1.8.	Tegangan Tembus Minyak Transformator PSP Setelah Pemurnian.....	49
4.1.9.	Tegangan Tembus Minyak Transformator Pri Apar Setelah Pemurnian.....	51
4.2.	Analisis Probabilitas Kegagalan dengan Distribusi Weibull	53
4.2.1.	Analisis Laju Kegagalan Minyak Transformator Baru	53
4.2.2.	Analisis Laju Kegagalan Minyak Transformator Penuaan	55
4.2.3.	Perbandingan Tegangan Tembus Minyak Baru dengan Minyak Setelah Penuaan.....	56
4.2.4.	Analisis Laju Kegagalan Minyak Transformator Setelah Pemurnian.....	57
4.2.5	Perbandingan Tegangan Tembus Minyak Setelah Penuaan dengan Minyak Setelah Pemurnian	59
BAB V PENUTUP		61
5.1.	Kesimpulan	61
5.2.	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN.....		65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Inti Besi	8
Gambar 2.2 Kumparan Primer dan Sekunder	9
Gambar 2.3 Isolator Bushing	9
Gambar 2.4 Katub Pembuangan	10
Gambar 2.5 Katub Pengisian	10
Gambar 2.5 <i>Tap Changer</i>	11
Gambar 2.6 Tangki Konservator	11
Gambar 2.7 Transformator Distribusi	14
Gambar 2.8 Rangkaian Delta – Star	15
Gambar 2.9 Minyak Transformator	16
Gambar 2.10 Breakdown Voltage Tester	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	30
Gambar 3.2 Sampel Minyak Transformator Baru	32
Gambar 3.3 Gelas Bejana	33
Gambar 4.1 Grafik Tegangan Tembus Shell Diala S4 Baru	38
Gambar 4.2 Grafik Tegangan Tembus PSP Baru	40
Gambar 4.3 Grafik Tegangan Tembus Pri Apar Baru	41
Gambar 4.4 Grafik Tegangan Tembus Shell Diala S4 Penuaan	43
Gambar 4.5 Grafik Tegangan Tembus PSP Penuaan	45
Gambar 4.6 Grafik Tegangan Tembus Pri Apar Penuaan	47
Gambar 4.7 Grafik Tegangan Tembus Shell Diala S4 Setelah Pemurnian	49
Gambar 4.8 Grafik Tegangan Tembus PSP Setelah Pemurnian	51
Gambar 4.9 Grafik Tegangan Tembus Pri Apar Setelah Pemurnian	53
Gambar 4.10 Plot Probabilitas Kegagalan Minyak Transformator Baru	54

Gambar 4.11 Plot Probabilitas Kegagalan Minyak Transformator Penuaan	55
Gambar 4.12 Plot Probabilitas Kegagalan Minyak Transformator Setelah Pemurnian.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam – Macam Pendingin Pada Transformator.....	11
Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	35
Tabel 4.1 Tegangan Tembus Minyak Transformator Baru Shell Diala S4..	37
Tabel 4.2 Tegangan Tembus Minyak Transformator Baru PSP	39
Tabel 4.3 Tegangan Tembus Minyak Transformator Baru Pri Apar	40
Tabel 4.4 Tegangan Tembus Minyak Transformator Penuaan Shell Diala S4 .	42
Tabel 4.5 Tegangan Tembus Minyak Transformator Penuaan PSP	44
Tabel 4.6 Tegangan Tembus Minyak Transformator Penuaan Pri Apar	46
Tabel 4.7 Tegangan Tembus Minyak Transformator Shell Diala S4 Setelah Pemurnian	48
Tabel 4.8 Tegangan Tembus Minyak Transformator PSP Setelah Pemurnian	50
Tabel 4.8 Tegangan Tembus Minyak Transformator Pri Apar Setelah Pemurnian	51
Tabel 4.9 Parameter Distribusi Weibull Minyak Transformator Baru.....	54
Tabel 4.10 Parameter Distribusi Weibull Minyak Transformator Penuaan	56
Tabel 4.11 Parameter Distribusi Weibull Minyak Transformator Setelah Pemurnian	58