

TUGAS AKHIR

**“ANALISIS PENGARUH KONTAMINAN BESI (FE) DAN TEMBAGA (CU)
PADA KEKUATAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRANSFORMATOR”**



Disusun Oleh :

CHRISNA RANGGA MUKTI
1452100005

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

TUGAS AKHIR

**“Analisis Pengaruh Kontaminan Besi (*Fe*) dan Tembaga (*Cu*)
pada kekuatan Tegangan Tembus Minyak Transformator”**



Disusun Oleh:

Chrisna Rangga Mukti 1452100005

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Chrisna Rangga Mukti
NBI : 1452100005
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : "Analisis Pengaruh Kontaminan Besi (*Fe*) dan Tembaga (*Cu*) pada kekuatan Tegangan Tembus Minyak Transformator "

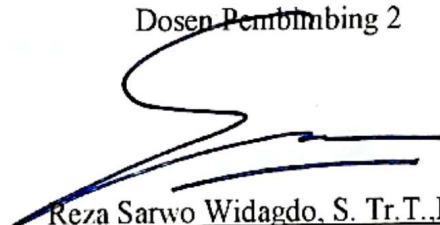
Mengetahui,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Aris Heri Andriawan, ST., MT.
NPP. 20450.03.0558



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

Mengetahui,

Dekan

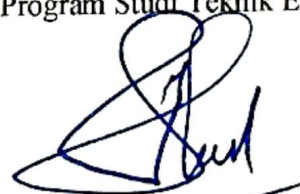
Ketua

Fakultas Teknik

Program Studi Teknik Elektro



Dr. Ir. H. Sajivo, M. Kes., IPU, ASEAN Eng.
NPP. 20410.90.0197



Puji Slamet, S.T., M.T
NPP. 20450.11.0601

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Chrisna Ranga Mukti
NBI : 1452100005
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir yang berjudul:

“Analisis Pengaruh Kontaminan Besi (*Fe*) dan Tembaga (*Cu*) pada kekuatan Tegangan Tembus Minyak Transformator”

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, 15 Juli 2025
Yang Menyatakan



Chrisna Ranga Mukti
NBI. 1452100005



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
JL. SEMOLOWARU 45 SURABAYA
TLP. 031 593 1800 (EX 311)
EMAIL: 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 : Chrisna Rangga Mukti
NBI/NPM : 1452100005
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 Kontaminan Besi (*Fe*) dan Tembaga (*Cu*) pada kekuatan Tegangan Tembus Minyak Transformator”

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 : 1 November 2024


Chrisna Rangga Mukti
NBI. 1452100005

ABSTRAK

Minyak transformator berfungsi sebagai media isolasi dan pendingin dalam transformator. Kualitas minyak ini dapat menurun akibat kontaminasi, terutama oleh logam seperti besi (*Fe*) dan tembaga (*Cu*), yang dapat mengakibatkan berkurangnya kekuatan tegangan tembus (*Breakdown Voltage*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi kontaminan (*Fe*) dan (*Cu*) terhadap nilai tegangan tembus pada tiga jenis minyak transformator, yaitu *Shell Diala S4*, *PSP Oil*, dan *PRI-APAR Oil*. Metode yang digunakan mencakup pengujian langsung nilai tegangan tembus sebelum dan sesudah penambahan kontaminan dengan konsentrasi 0,10 g, 0,15 g, dan 0,20 g, serta analisis statistik dan distribusi probabilitas Weibull. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kontaminan logam menyebabkan penurunan signifikan pada nilai (*Breakdown Voltage*). Selain itu, kontaminan tembaga memberikan pengaruh penurunan yang lebih besar dibandingkan besi terhadap semua jenis minyak yang diuji. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa keberadaan kontaminan logam, khususnya tembaga, sangat memengaruhi performa dielektrik minyak transformator dan dapat menjadi indikasi perlunya perawatan atau penggantian minyak untuk menjaga keandalan sistem isolasi transformator.

Kata kunci: *Minyak transformator, Breakdown voltage, kontaminan logam, besi (Fe), tembaga (Cu), distribusi Weibull.*

ABSTRACT

Transformer oil serves as an insulating and cooling medium in transformers. The quality of this oil can decrease due to contamination, especially by metals such as iron (Fe) and copper (Cu), which can result in reduced breakdown voltage strength. This study aims to analyze the effect of variations in contaminant concentrations (Fe) and (Cu) on the breakdown voltage value of three types of transformer oil, namely Shell Diala S4, PSP Oil, and PRI-APAR Oil. The methods used include direct testing of breakdown voltage values before and after the addition of contaminants with concentrations of 0.10 g, 0.15 g, and 0.20 g, as well as statistical analysis and Weibull probability distribution. The results showed that increasing the concentration of metal contaminants caused a significant decrease in the (Breakdown Voltage) value. In addition, copper contaminants had a greater decreasing effect than iron on all types of oil tested. The conclusion of this study shows that the presence of metal contaminants, especially copper, greatly affects the dielectric performance of transformer oil and can be an indication of the need for maintenance or oil replacement to maintain the reliability of the transformer insulation system.

Keywords: *Transformer oil, Breakdown voltage, metal contaminants, iron (Fe), copper (Cu), Weibull distribution.*

KATA PENGANTAR

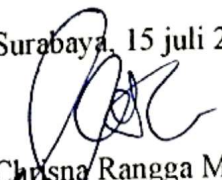
Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayahnya sehingga laporan Tugas Akhir yang berjudul "ANALISIS PENGARUH KONTAMINAN BESI (*Fe*) DAN TEMBAGA (*Cu*) PADA KEKUATAN TEGANGAN TEMBUS MINYAK TRANSFORMATOR" dapat terselesaikan. Laporan ini di susun untuk memenuhi syarat 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, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
5. Bapak Aris Heri Andriawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas akhir Fakultas Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
6. Bapak Reza Sarwo Widagdo, S.Tr.T., MT. selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas akhir Fakultas Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
7. Seluruh dosen dan staf pengajar program studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
8. Bapak Ahmad Mulyono, . ST., Selaku Pembimbing di PT MULYA JATRA.
9. Para Karyawan PT MULYA JATRA yang telah membantu dan memberikan ilmu kepada penulis.

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. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis serta pembaca.

Surabaya, 15 juli 2025


Chrisna Rangga Mukti
NBI. 14552100005

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 State of The Art.....	5
2.2 Trafo Distribusi	6
2.3 Bagian Bagian Transformator Distribusi Berserta Fungsinya.....	7
2.3.1 Inti Besi	7
2.3.2 Kumparan Transformator.....	8
2.3.3 Isolator Bushing	8
2.3.4 Tangki Konservator.....	9
2.3.5 Katup Pengisian dan Pembuangan	9
2.3.6 Indikator Suhu Transformator.....	10
2.3.7 Pendingin Transformator.....	10
2.3.8 Oil Level.....	11
2.3.9 Tap Changer	11
2.4 Minyak Transformator	12
2.4.1 Pengertian Minyak Trasnformator	12
2.4.2 Jenis Jenis Minyak Transformator	12
2.5 Uji Tegangan Tembus Minyak (<i>Breakdown Voltage</i>)	13
2.6 Standar IEC 60156	14
2.7 Standar SPLN 49 – 1 Tahun 1982.....	14

2.8 Karakteristik Fisik Minyak Transformator.....	15
2.9 Kandungan Gas Terlarut dalam Minyak Transformator.	15
2.10 Karakteristik Elektrik Isolasi Minyak Transformator.	16
2.11 Karakteristik Kimia Isolasi Minyak Transformator.	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Metode Penelitian.....	19
3.2 Diagram Alir Penelitian	20
3.3 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	21
3.4 Alat alat dan Bahan	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Data dan Hasil Pengukuran.....	27
4.1.1 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 sebelum kontaminan partikel tembaga.	27
4.1.2 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,10 gram.	28
4.1.3 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,15 gram.	28
4.1.4 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,20 gram.	29
4.1.5 . Nilai breakdown voltage PSP Oil sebelum kontaminan partikel tembaga.	30
4.1.6 Nilai breakdown voltage PSP Oil setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,10 gram.	30
4.1.7 Nilai breakdown voltage PSP OIL setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,15 gram.	31
4.1.8 Nilai breakdown voltage PSP Oil setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,20 gram.	31
4.1.9 Nilai breakdown voltage PRI-APAR Oil sebelum kontaminan partikel tembaga.	32
4.1.10 Nilai breakdown voltage PRI-APAR Oil setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,10 gram.	32
4.1.11 Nilai breakdown voltage PRI-APAR Oil setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,15 gram.	33
4.1.12 Nilai breakdown voltage PRI-APAR Oil setelah kontaminan partikel tembaga sebesar 0,20 gram.	34
4.1.13 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 sebelum kontaminan partikel besi.	34

4.1.14 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 sesudah kontaminan besi sebesar 0,10 gram.....	35
4.1.15 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 sesudah kontaminan besi sebesar 0,15 gram.....	36
4.1.16 Nilai breakdown voltage Shell Diala S4 sesudah kontaminan besi sebesar 0,20 gram.....	37
4.1.17 Nilai breakdown voltage PSP Oil sebelum kontaminan partikel besi...37	37
4.1.18 Nilai breakdown voltage PSP Oil sesudah kontaminan besi sebesar 0,10g.....	38
4.1.19 Nilai breakdown voltage PSP Oil sesudah kontaminan besi sebesar 0,15 gram.....	38
4.1.20 Nilai breakdown voltage PSP Oil sesudah kontaminan besi sebesar 0,20 gram.....	39
4.1.21 Nilai breakdown voltage PRI APAR Oil sebelum kontaminan partikel besi.	40
4.1.22 Nilai breakdown voltage PRI APAR Oil sesudah kontaminan besi sebesar 0,10 gram.....	40
4.1.23 Nilai breakdown voltage PRI APAR Oil sesudah kontaminan besi sebesar 0,15 gram.....	41
4.1.24 Nilai breakdown voltage PRI APAR Oil sesudah kontaminan besi sebesar 0,20 gram.....	42
4.2 Pengukuran Kontaminan pada setiap jenis minyak transformator.....	43
4.2.1 Pengukuran Shell Diala S4 dengan kontaminan tembaga.....	43
4.2.2 Pengukuran PSP Oil dengan kontaminan tembaga.....	45
4.2.3 Pengukuran PRI APAR Oil dengan kontaminan tembaga.....	46
4.2.4 Pengukuran Shell Diala S4 dengan kontaminan besi.....	48
4.2.5 Pengukuran PSP Oil dengan kontaminan besi.....	49
4.2.6 Pengukuran PRI APAR Oil dengan kontaminan besi.....	51
4.3 Analisis Plot Probabilitas Kontaminan Tembaga (Cu) dan Kontaminan Besi (Fe) dengan Distribusi Weibull.....	53
4.3.1 Analisis Plot Probabilitas Kontaminan Tembaga dan Besi pada Minyak Transformator Shell Diala S4.....	53
4.3.2 Analisis Plot Probabilitas Kontaminan Tembaga dan Besi pada Minyak Transformator PSP Oil.....	56
4.3.3 Analisis Plot Probabilitas Kontaminan Tembaga dan Besi pada Minyak Transformator PRI APAR Oil.....	58
BAB V PENUTUP.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61

5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
DAFTAR LAMPIRAN	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Transformator Distribusi	6
Gambar 2. 2 Inti Besi	7
Gambar 2. 3 Kumputan Transformator	8
Gambar 2. 4 Isolator Bushing	8
Gambar 2. 5 Tangki Konservator	9
Gambar 2. 6 Katup Pengisian dan Pembuangan	9
Gambar 2. 7 Indikator Suhu Transformator	10
Gambar 2. 8 Pendingin Transformator	10
Gambar 2. 9 Oil Level	11
Gambar 2. 10 Tap Changer	11
Gambar 2. 11 Minyak Transformator	12
Gambar 2. 12 Alat Uji Breakdown Voltage	13
Gambar 3. 1 Breakdown Voltage	21
Gambar 3. 2 Mixer Mini Portable	22
Gambar 3. 3 Timbangan Mini Digital	22
Gambar 3. 4 Sendok Kimia	23
Gambar 3. 5 Serbuk Kontaminan Tembaga (Cu)	23
Gambar 3. 6 Serbuk Kontaminan Besi (Fe)	24
Gambar 3. 7 Minyak Transformator Shell Diala S4	24
Gambar 3. 8 Minyak Transformator PSP Oil	24
Gambar 3. 9 Minyak Transformator PRI APAR POWER Oil	25
Gambar 4. 1 Grafik Shell Diala S4 dengan kontaminan tembaga 0,10 gram	43
Gambar 4. 2 Grafik Shell Diala S4 dengan kontaminan tembaga 0,15 gram	44
Gambar 4. 3 Grafik Shell Diala S4 dengan kontaminan tembaga 0,20 gram	44
Gambar 4. 4 Grafik PSP Oil dengan kontaminan tembaga 0,10 gram	45
Gambar 4. 5 Grafik PSP Oil dengan kontaminan tembaga 0,15 gram	45
Gambar 4. 6 Grafik PSP Oil dengan kontaminan tembaga 0,20 gram	46
Gambar 4. 7 Grafik Pri Apar Oil dengan kontaminan tembaga 0,10 gram	46
Gambar 4. 8 Grafik Pri Apar Oil dengan kontaminan tembaga 0,15 gram	47
Gambar 4. 9 Grafik Pri Apar Oil dengan kontaminan tembaga 0,20 gram	47
Gambar 4. 10 Grafik Shell Diala S4 dengan kontaminan besi 0,10 gram	48
Gambar 4. 11 Grafik Shell Diala S4 dengan kontaminan besi 0,15 gram	48
Gambar 4. 12 Grafik Shell Diala S4 dengan kontaminan besi 0,20 gram	49
Gambar 4. 13 Grafik PSP Oil dengan kontaminan besi 0,10 gram	49

Gambar 4. 14 Grafik PSP Oil dengan kontaminan besi 0,15 gram.....	50
Gambar 4. 15 Grafik PSP Oil dengan kontaminan besi 0,20 gram.....	50
Gambar 4. 16 Grafik PRI APAR Oil dengan kontaminan besi 0,10 gram.....	51
Gambar 4. 17 Grafik PRI APAR Oil dengan kontaminan besi 0,15 gram.....	51
Gambar 4. 18 Grafik PRI APAR Oil dengan kontaminan besi 0,20 gram.....	52
Gambar 4. 19 Plot Probabilitas Kontaminan Tembaga.....	53
Gambar 4. 20 Plot Probabilitas Kontaminan Besi.....	54
Gambar 4. 21 Plot Probabilitas Kontaminan Tembaga.....	56
Gambar 4. 22 Plot Probabilitas Kontaminan Besi.....	57
Gambar 4. 23 Plot Probabilitas Kontaminan Tembaga.....	58
Gambar 4. 24 Plot Probabilitas Kontaminan Besi.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Nilai bdv Shell Diala sebelum kontaminan tembaga.	27
Tabel 4. 2 Nilai bdv Shell Diala sesudah kontaminan tembaga 0,10 gram.....	28
Tabel 4. 3 Nilai bdv Shell Diala sesudah kontaminan tembaga 0,15 gram.....	28
Tabel 4. 4 Nilai bdv Shell Diala sesudah kontaminan tembaga 0,20 gram.....	29
Tabel 4. 5 Nilai bdv PSP Oil sebelum terkontaminan tembaga.	30
Tabel 4. 6 Nilai bdv PSP Oil sesudah kontaminan tembaga 0,10 gram.	30
Tabel 4. 7 Nilai bdv PSP Oil sesudah kontaminan tembaga 0,15 gram.	31
Tabel 4. 8 Nilai bdv PSP Oil sesudah kontaminan tembaga 0,20 gram.	31
Tabel 4. 9 Nilai bdv Pri Apar Oil sebelum terkontaminan tembaga.	32
Tabel 4. 10 Nilai bdv Pri Apar Oil sesudah kontaminan tembaga 0,10 gram.	33
Tabel 4. 11 Nilai bdv Pri Apar Oil sesudah kontaminan tembaga 0,15 gram.....	33
Tabel 4. 12 Nilai bdv Pri Apar Oil sesudah kontaminan tembaga 0,20 gram.	34
Tabel 4. 13 Nilai bdv Shell Diala S4 sebelum terkontaminan besi.	35
Tabel 4. 14 Nilai bdv Shell Diala S4 sesudah kontaminan besi 0,10 gram.....	35
Tabel 4. 15 Nilai bdv Shell Diala S4 sesudah kontaminan besi 0,15 gram.....	36
Tabel 4. 16 Nilai bdv Shell Diala S4 sesudah kontaminan besi 0,20 gram.....	37
Tabel 4. 17 Nilai bdv PSP Oil sebelum terkontaminan besi.	37
Tabel 4. 18 Nilai bdv PSP Oil sesudah kontaminan besi 0,10 gram.	38
Tabel 4. 19 Nilai bdv PSP Oil sesudah kontaminan besi 0,15 gram.	38
Tabel 4. 20 Nilai bdv PSP Oil sesudah kontaminan besi 0,20 gram.	39
Tabel 4. 21 Nilai bdv PRI APAR Oil sebelum terkontaminan besi.	40
Tabel 4. 22 Nilai bdv PRI APAR Oil sesudah terkontaminan besi 0,10 gram.....	40
Tabel 4. 23 Nilai bdv PRI APAR Oil sesudah terkontaminan besi 0,15 gram.....	41
Tabel 4. 24 Nilai bdv PRI APAR Oil sesudah terkontaminan besi 0,20 gram.....	42
Tabel 4. 25 Parameter Distribusi Weibull Kontaminan Tembaga.	54
Tabel 4. 26 Parameter Distribusi Weibull Kontaminan Besi.	55
Tabel 4. 27 Parameter Distribusi Weibull Kontaminan Tembaga.	56
Tabel 4. 28 Parameter Distribusi Weibull Kontaminan Besi.	57
Tabel 4. 29 Parameter Distribusi Weibull Kontaminan Tembaga.	58
Tabel 4. 30 Parameter Distribusi Weibull Kontaminan Besi.	59