



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALISIS HUBUNGAN ANTARA *PARTIAL DISCHARGE* DAN
TAN DELTA PADA KABEL TEGANGAN MENENGAH

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
Mencapai derajat Magister Terapan dalam Bidang Rekayasa Tenaga Listrik

MUHAMMAD IHSAN
2209511001

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN TEKNIK ELEKTRO
REKAYASA TENAGA LISTRIK
PROGRAM PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI 2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta. Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya

Depok, 25 Juli 2025

Muhammad Ihsan

220951101

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Ihsan

NIM : 220951101

Tanda tangan : 

Tanggal : 25 Juli 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Telah diajukan oleh:

Nama : Muhammad Ihsan
NIM : 220951101
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul : Analisis Hubungan *Partial Discharge* dan *Tan Delta* Pada Kabel Tegangan Menengah

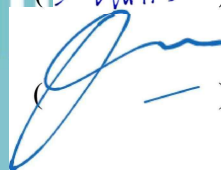
Telah di uji oleh tim penguji dalam sidang TESIS pada hari jum'at tanggal 25 bulan Juli tahun 2025 dan di nyatakan LULUS untuk memperoleh gelar MAGISTER TERAPAN Pada Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta

Pembimbing I : Dr. A. Tossin Alamsyah, S.T., MT ()

Pembimbing II : Nuha Nadhiroh, S.T., M.T. ()

Penguji I : Dr. Isdawimah, S.T., M.T. ()

Penguji II : Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T. ()

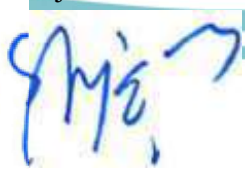
Penguji III : Dr. Prihatin Oktiviasari, S.Si., M.Si. ()

Depok, 25 Juli 2025

Diketahui oleh

Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta




Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Terapan Teknik Elektro pada Jurusan Pascasarjana dari Politeknik Negeri Jakarta

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, akan sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir dari program magister ini. Oleh sebab itu, saya mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu saya, di antaranya:

1. Ibu Dr. Isdawimah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Pascasarjana, Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan, motivasi dan semangat yang diberikan.
2. Bapak Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, atas arahan dan dukungannya selama penulis menimba ilmu di Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Dr. Ahmad Tossin Alamsyah, M.T., selaku dosen pembimbing I, dan Ibu Nuha Nadhiroh, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II, atas bimbingan, arahan, kesabaran, dan dedikasi yang luar biasa selama proses penelitian dan penulisan laporan tesis ini.
4. Seluruh dosen Program Studi Magister Terapan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, atas ilmu, pengalaman, dan inspirasi yang diberikan.

Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang perkeretaapian, kecerdasan buatan dan internet of things di Indonesia. Terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyelesaian tesis ini.

Depok, Juli 2025

Muhammad Ihsan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ihsan
NIM : 2209511001
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Hubungan *Partial Discharge* dan *Tan Delta* Pada Kabel Tegangan Menengah

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan)*. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal: 25 Juli 2025
Yang menyatakan

Muhammad Ihsan
2209511001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Nama : Muhammad Ihsan
NIM : 220951101
Program Studi : Magister Terapan Teknik Elektro
Judul : Analisis Hubungan *Partial Discharge* dan *Tan Delta* Pada Kabel Tegangan Menengah

Kualitas isolasi kabel tegangan menengah (SKTM) merupakan faktor krusial dalam menjaga aliran sistem distribusi tenaga listrik. Gangguan yang disebabkan oleh cacat isolasi, *jointing*, maupun terminasi kabel sering menimbulkan *Partial Discharge* (PD), yang dapat mengarah pada kegagalan sistem. Oleh karena itu, diperlukan metode diagnostik yang efektif, salah satunya melalui pengukuran *Partial Discharge* (PD) dan *Tan Delta* (TD) untuk mendeteksi kualitas isolasi kabel secara dini. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan pengukuran *Partial Discharge* (PD) dan *Tan Delta* (TD) pada kabel tegangan menengah tipe XLPE menggunakan peralatan TDM45. uji dilakukan pada tiga level tegangan ($0.5 U_0$, $1 U_0$, $1.5 U_0$) sesuai standar IEEE 400 dan IEC 60270. Hasil pengukuran di temukan adanya korelasi positif antara *Partial Discharge* (PD) dan *Tan Delta* (TD), dengan intepretasi R sebesar 0,9871 ini sangat signifikan, peningkatan pengukuran *Tan Delta* (TD) terjadi pada kabel C sebesar dari 16,2 dan rugi – rugi arus yang timbul sebesar 0,5494mA ($\text{arus} < 1\text{mA}$) menunjukan arti arus bocor normal (dalam keadaan baik). Untuk pengukuran *Partial Discharge* (PD) pada kabel C hasilnya sebesar 1000PC sesuai dengan standar asesmen kabel masih dalam kategori ‘baik atau normal’. Kedua pengukuran baik *Partial Discharge* (PD) dan *Tan Delta* (TD) saling menguatkan dan komplementer dalam menentukan keputusan status kabel tersebut. Analisis gabungan *Partial Discharge* (PD) dan *Tan Delta* (TD) memberikan gambaran diagnostik yang lebih komprehensif dibandingkan pengujian tunggal. Pendekatan ini dapat mengoptimalkan strategi pemeliharaan prediktif, meminimalkan risiko kegagalan mendadak, Penelitian ini



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menegaskan pentingnya integrasi kedua metode diagnostik sebagai dasar evaluasi kondisi isolasi kabel tegangan menengah.

Kata Kunci: *Partial Discharge (PD)*, *Tan Delta (TD)*, isolasi kabel, diagnostic tegangan menengah





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

The insulation quality of medium-voltage cables (SKTM) is a crucial factor in maintaining the flow of electrical power distribution systems. Faults caused by insulation defects, jointing, or cable terminations often lead to *Partial Discharge* (PD), which can result in system failures. Therefore, effective diagnostic methods are required, one of which is through *Partial Discharge* (PD) and *Tan Delta* (TD) measurements to detect cable insulation quality at an early stage. This study employed an experimental approach by measuring *Partial Discharge* (PD) and *Tan Delta* (TD) on medium-voltage XLPE-type cables using TDM45 equipment. Tests were conducted at three voltage levels ($0.5 U_0$, $1 U_0$, $1.5 U_0$) in accordance with IEEE 400 and IEC 60270 standards. The measurement results revealed a positive correlation between *Partial Discharge* (PD) and *Tan Delta* (TD), with an interpretation value of $R = 0.9871$, indicating a highly significant correlation. An increase in *Tan Delta* (TD) was observed in cable C from 16.2, with a resulting loss current of 0.5494 mA (current < 1 mA), indicating normal leakage current (in good condition). For *Partial Discharge* (PD) measurements on cable C, the result was 1000 pC, which according to cable assessment standards is still categorized as "good or normal." Both measurements of *Partial Discharge* (PD) and *Tan Delta* (TD) reinforce and complement each other in determining the cable's condition status. The combined analysis of *Partial Discharge* (PD) and *Tan Delta* (TD) provides a more comprehensive diagnostic overview compared to single testing methods. This approach can optimize predictive maintenance strategies and minimize the risk of sudden failures. This study emphasizes the importance of integrating both diagnostic methods as a fundamental basis for evaluating the insulation condition of medium-voltage cables.

Keywords: *Partial Discharge* (PD), *Tan Delta* (TD), Cable Insulation, Medium-Voltage Diagnostics



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	0
1.1 Latar Belakang	0
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Bagi Industri Tenaga Listrik (Operator Sistem Distribusi):	3
1.5.2 Bagi Akademisi dan Peneliti:	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Konstruksi Kabel Listrik	5
2.1.1 Konduktor atau Penghantar Kabel Listrik.....	5
2.1.2 Bahan Isolasi Kabel Listrik.....	6
2.1.3 Lapisan Pelindung atau Selubung Kabel Listrik	7
2.2 Kabel Tanah.....	7
2.2.1 Bagian – bagian Kabel Tanah	8
2.3 <i>Partial Discharge</i> (PD)	10
2.3.1 Pengertian <i>Partial Discharge</i>	10
2.3.2 Mekanisme terjadinya <i>Partial Discharge</i>	11
2.3.3 Tegangan Inisiasi (PDIV) dan Tegangan Pemadaman (PDEV).....	13



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3.4	Asesmen kabel	14
2.3.5	Evaluasi Gabungan Diagnostik VLF <i>Tan Delta</i> dan VLF <i>Partial Discharge</i> pada Kabel XLPE.....	16
2.4	Rugi-Rugi Dielektrik (<i>Tan Delta</i>)	16
2.4.1	Pendahuluan	16
2.4.2	Model Rangkaian Material Dielektrik	17
2.4.3	Alasan Penggunaan frekuensi sangat rendah	21
2.4.4	Cara memprediksi hasil uji <i>Tan Delta</i>	21
2.4.5	Pendekatan yang Direkomendasikan untuk evaluasi atau <i>Tan Delta</i> (TD)	23
2.4.6	Tegangan injek pada saat pengujian.....	24
2.4.7	Konsep Dasar <i>Tan Delta</i> (TD) dan <i>Tip-Up</i>	25
2.5	Faktor Kegagalan Kabel.....	25
2.6	Korelasi	26
2.6.1	Pendahuluan	26
2.6.2	Konsep Korelasi	26
2.6.3	Sifat Korelasi	28
2.6.4	Rumus Korelasi dalam Pengujian Hipotesis	29
2.6.5	Pengujian Signifikasi Korelasi	30
2.7	Regresi.....	31
2.7.1	Pendahuluan	31
2.7.2	Syarat Regresi.....	31
2.7.3	Pola Regresi	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		34
3.1	Ruang Lingkup Penelitian.....	34
3.2	Tahapan Penelitian	34
3.3	Pengukuran Kabel Tegangan Menengah.....	35
3.3.1	Peralatan element alat ukur	35
3.3.2	Peralatan kerja untuk pengukuran <i>Tan Delta</i> (TD)	39
3.3.3	Perlengkapan K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja)	40
3.3.4	Perlengkapan K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja)	40
3.3.5	Langkah Kerja	40
3.3.6	Pengukuran <i>Partial Discharge</i> (PD).....	41



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.3.7	Pengukuran <i>Tan Delta</i> (TD).....	44
3.3.8	Foto Pengujian	46
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		48
4.1	Data Hasil Pengukuran.....	48
4.1.1	Pengukuran <i>Partial Discharge</i> (PD).....	48
4.1.2	Pengukuran <i>Tan Delta</i> (TD).....	51
4.1.3	Menghitung rugi - rugi arus (<i>Loss Current</i>).....	53
4.1.4	Pengukuran <i>Tip-Up Tan Delta</i> (DTD)	57
4.1.5	Uji korelasi nilai <i>Tan Delta</i> (TD) dengan <i>Partial Discharge</i> (PD)....	59
4.1.6	Hubungan <i>Tip Up Tan Delta</i> (DTD) dengan <i>Partial Discharge</i> (PD) 66	
4.1.7	Anomali hasil pengukuran <i>Tan Delta</i> yang besar	66
4.2	Interpretasi Hasil	67
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....		68
5.1	Simpulan	68
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....		70

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Grafik Gangguan Kelistrikan Di Indonesia.....	1
Gambar 2.1. Konstruksi Kabel XLPE.....	5
Gambar 2.2. Rangkaian Pengganti Void dalam Isolasi	12
Gambar 2.3. Gabungan Diagnostik TD dan PD.....	16
Gambar 2.4. Model rangkaian dielektrik	18
Gambar 2.5. Hubungan Arus Terhadap Tegangan Dalam Dielektrik Yang Tidak Sempurna, E = Tegangan, I = Arus, θ = Sudut fasa, dan δ = Sudut Rugi-Rugi.	18
Gambar 2.6. Diagram Vektor Arus Dalam Representasi Paralel Dari Dielektrik .	19
Gambar 2.7. Grafik Uji <i>Tan Delta</i> Kabel Baru Dengan Kabel Lama	22
Gambar 2.8. Contoh Grafik Untuk Analisis Korelasi	27
Gambar 2.9. Kemungkinan Penyebaran Data (a) Memanjang Tegak, (b) Memanjang Rebah, (c) Memanjang Ke Kanan Atas, (d) Memanjang Ke Kanan Bawah, (e) Bulat Tidak Menunjukkan Arah Pasti.....	28
Gambar 3.1. <i>Flow Chart</i> Tahapan Penelitian.....	35
Gambar 3.2 <i>TDM 45 Measurement</i>	36
Gambar 3.3. Tampilan Panel Instrument.....	36
Gambar 3.4. Komponen Koneksi.....	37
Gambar 3. 5. Modul <i>Boost</i>	38
Gambar 3.6. Jenis Koneksi Untuk Pengujian Kabel Dan Pengukuran <i>Tan Delta</i>	39
Gambar 3.7. Jenis koneksi untuk pengujian isolasi luar dan penentuan lokasi kerusakan isolasi luar	39
Gambar 3.8. <i>Connection Diagram</i> Pada Pengujian <i>Partial Discharge</i> [14]	42
Gambar 3.9. Layar Utama Peralatan TDM45	42
Gambar 3.10. Tahapan <i>Inject</i> Tegangan Pada Kabel Pada Pengujian <i>Partial Discharge</i>	43
Gambar 3.11. <i>Connection</i> Pengujian <i>Tan Delta</i> (TD).....	44
Gambar 3.12. Layar Utama Pengujian.....	45
Gambar 3.13. Layar Utama Pengujian.....	45



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3.14. Pengujian <i>Tan Delta & Partial Discharge</i>	46
Gambar 3.15. Layar Tampilan Peralatan TDM 45	47
Gambar 3.16. Tampilan Hasil Dari Pengujian	47
Gambar 4.1. Contoh <i>Single Line Diagram</i> Tegangan Menengah.	48
Gambar 4.2. Grafik Hubungan <i>Tan Delta</i> (TD) dan <i>Partial Discharge</i> (PD) (0.5U _o)	61
Gambar 4.3. Grafik Hubungan <i>Tan Delta</i> Dan <i>Partial Discharge</i> (PD)(1U _o) ...	62
Gambar 4.4. Grafik Hubungan <i>Tan Delta</i> Dan <i>Partial Discharge</i> (PD)(1.5U _o)	64
Gambar 4.5. Grafik Korelasi <i>Tan Delta</i> (TD) dan <i>Partial Discharge</i> (PD) Dengan Tegangan Uji (0,5U _o – 1U _o – 1.5U _o).....	65





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Data Gangguan Kelistrikan Di Indonesia.....	1
Tabel 2.1. Spesifikasi Kabel Tanah	8
Tabel 2.2. Asesmen Hasil Pengujian <i>Partial Discharge</i> (PD)	14
Tabel 2.3. Asesmen Hasil Pengujian PDIV & PDEV	15
Tabel 2.4. Tindakan Atau Peta Rekomendasi Untuk Pengujian Lanjutan.....	15
Tabel 2.5. Pembagian Kelas Material Berdasarkan Resistivitasnya	17
Tabel 2.6. Asesmen Pengukuran <i>Tan Delta</i> (TD) Pada Kabel Baru	23
Tabel 2.7. Asesmen Nilai (TD) pada Kabel Lama (Berumur)	24
Tabel 2.8. Contoh Data Untuk Analisis Korelasi	26
Tabel 3.1. Elemen Tombol Peralatan TDM 45.....	36
Tabel 3.2. Komponen Koneksi Bagian Belakang Peralatan TDM 45.....	37
Tabel 3.3. Komponen Belakang Modul <i>Boost</i> Peralatan TDM45.....	38
Tabel 4.1. Pengukuran <i>Partial Discharge</i> (PD)	49
Tabel 4.2. Standar Nilai PDIV Dan PDEV Yang Berlaku di PLN	50
Tabel 4.3. Standar Nilai <i>Partial Discharge</i> (PD) Yang Berlaku Di PLN.....	51
Tabel 4.4. Pengukuran <i>Tan Delta</i> (TD)	51
Tabel 4.5. Spesifikasi Kabel Tegangan Menengah	53
Tabel 4.6. Perhitungan Rugi – Rugi Arus (I_R) Pada Nilai <i>Tan Delta</i> (TD) ($V0.5U_0$)	54
Tabel 4.7. Perhitungan Rugi – Rugi Arus (IR) Pada Nila <i>Tan Delta</i> (TD) ($V1U_0$)	55
Tabel 4.8. Perhitungan Rugi – Rugi Arus (IR) Pada Nilai <i>Tan Delta</i> (TD) ($V1U_0$)	56
Tabel 4.9. Pengukuran <i>Tip-Up Tan Delta</i> (TD).....	57
Tabel 4.10. Standar Penilaian <i>Tan Delta</i> (TD)	59
Tabel 4.11. <i>Tan Delta</i> (TD) Dan <i>Partial Discharge</i> (PD) ($0.5U_0$)	60
Tabel 4.12. <i>Tan Delta</i> Dan <i>Partial Discharge</i> (PD) ($1U_0$)	61
Tabel 4.13. <i>Tan Delta</i> (TD) Dan <i>Partial Discharge</i> (PD)($1.5U_0$).....	63



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.14. Korelasi antara nilai *Tan Delta* (TD) dan *Partial Discharge* (PD) pada tingkat tegangan uji 0,5 U_0 , 1 U_0 , dan 1,5 U_0 64





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik modern menghadapi dua tantangan utama, yaitu peningkatan permintaan energi dan penuaan infrastruktur eksisting. Dalam konteks ini, kabel tegangan menengah, khususnya kabel Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) tipe XLPE (*cross-linked polyethylene*), memegang peran penting dalam meningkatkan keandalan sistem serta kualitas pelayanan distribusi tenaga listrik, terutama bagi pelanggan industri berdaya besar. Meskipun demikian, proses penyaluran energi listrik melalui sistem distribusi seringkali mengalami gangguan yang dapat memicu pemadaman dan mengganggu kontinuitas pasokan ke pelanggan. Salah satu penyebab dominan gangguan tersebut adalah permasalahan pada sambungan (*jointing*) dan terminasi kabel. Cacat atau anomali pada bagian isolasi kabel, sambungan, maupun terminasi dapat memicu terjadinya *Partial Discharge* (PD), yang pada akhirnya mengganggu keandalan sistem distribusi. Sebagai langkah preventif, pengujian *Tan Delta* (TD) direkomendasikan untuk dilakukan sebagai indikator awal kualitas isolasi kabel. Pengujian TD berfungsi untuk mengevaluasi kondisi dielektrik kabel secara menyeluruh [1].

Partial Discharge (PD) merupakan fenomena peluahan listrik sebagian yang menandakan adanya potensi kegagalan pada isolasi kabel. PD terjadi ketika pelepasan muatan listrik berlangsung pada sebagian area isolasi tanpa menciptakan jalur konduksi penuh antara dua elektroda. Peristiwa ini mengakibatkan degradasi bertahap pada kekuatan dielektrik isolasi dan, dalam jangka panjang, dapat menyebabkan kerusakan serius pada peralatan tegangan tinggi. Berdasarkan data historis gangguan kelistrikan pada sistem SKTM di Indonesia, khususnya pada jaringan PLN dalam beberapa tahun terakhir, gangguan akibat kegagalan sambungan (*jointing*) merupakan penyebab utama gangguan internal. Tabel 1.1 berikut menyajikan data gangguan kelistrikan di Indonesia [2].

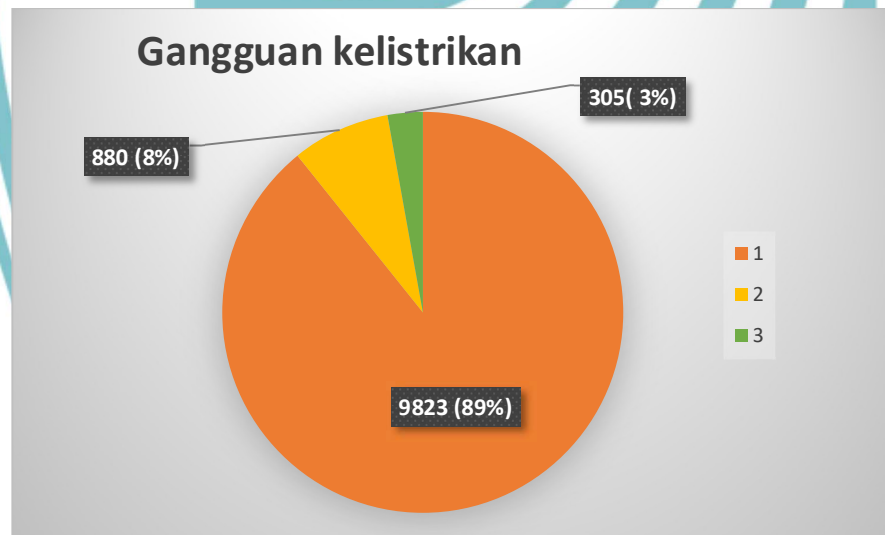
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 1.1. Data Gangguan Kelistrikan Di Indonesia

No	Gangguan	2013	2014	2015	Total
1	SKTM	3992	3451	2380	9823
2	SUTM	218	308	354	880
3	TRAFO	23	185	97	305

Dari Gambar 1.1 terlihat bahwa gangguan SKTM mendominasi hingga mencapai 89%, sehingga menjadi isu krusial bagi pemilik aset kelistrikan di Indonesia. Gangguan yang bersumber dari kegagalan sambungan maupun terminasi kabel dapat diminimalisasi melalui penerapan metode diagnostik berbasis pengujian TD dan PD yang dilakukan secara berkala, diiringi dengan asesmen kondisi kabel.



Gambar 1.1. Grafik Gangguan Kelistrikan Di Indonesia

Asesmen kabel merupakan bagian dari pemeliharaan prediktif yang bertujuan untuk menilai kondisi isolasi melalui pengujian TD dan PD, sekaligus mengidentifikasi potensi degradasi pada sistem isolasi kabel. Hasil asesmen kemudian dianalisis dan dievaluasi untuk menghasilkan rekomendasi pemeliharaan atau tindakan korektif yang sesuai [3]. Untuk mengelola risiko kegagalan dan meningkatkan efektivitas pemeliharaan, dibutuhkan metode diagnostik yang canggih dan bersifat non-



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

destruktif dalam menilai integritas isolasi kabel. Pengukuran *Tan Delta* sebagai faktor disipasi dielektrik telah terbukti efektif dalam mendeteksi rugi-rugi dielektrik yang berkorelasi langsung dengan degradasi isolasi, kelembaban, atau kontaminasi. Peningkatan nilai TD mengindikasikan peningkatan disipasi energi dalam isolasi, yang menjadi tanda awal penuaan atau kerusakan. Pengujian TD dengan metode frekuensi sangat rendah (VLF) terbukti sangat relevan untuk kabel XLPE karena sensitivitasnya terhadap fenomena *water treeing* [4].

Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan proses asesmen kabel SKTM yang telah beroperasi dan membandingkan kualitas kabel baru dengan kabel yang telah lama digunakan. Kombinasi analisis antara PD dan TD menawarkan pendekatan diagnostik yang sinergis: pola PD memberikan informasi mengenai lokasi cacat dan tingkat keparahannya, sementara nilai TD memberikan gambaran makroskopis mengenai kondisi isolasi secara keseluruhan. Korelasi antara keduanya memungkinkan penentuan langkah tindak lanjut berupa rekomendasi pemeliharaan dan perbaikan yang lebih tepat sasaran, sehingga dapat mengurangi risiko gangguan pada sistem SKTM di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengapa tingkat gangguan pada kabel SKTM di Indonesia, khususnya pada jaringan distribusi PLN, tergolong tinggi?
2. Bagaimana metode pengujian *Partial Discharge* (PD) dan *Tan Delta* dapat diidentifikasi dan diterapkan pada kabel tegangan menengah?
3. Bagaimana korelasi kuantitatif antara parameter *Partial Discharge* dengan nilai pengukuran *Tan Delta* (baik nilai *absolut* maupun *tip-up*) pada isolasi kabel tegangan menengah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah:



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Menganalisis korelasi kuantitatif antara parameter *Partial Discharge* dan nilai pengukuran *Tan Delta* pada isolasi kabel tegangan menengah.
2. Melakukan asesmen kondisi kabel SKTM berdasarkan usia pemakaian kabel.
3. Menyusun rekomendasi tindak lanjut hasil pengujian sesuai standar PLN dan IEEE.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Analisis difokuskan pada metode diagnostik berbasis pengujian *Partial Discharge* dan *Tan Delta* untuk menilai kondisi isolasi kabel tegangan menengah.
2. Objek penelitian terbatas pada kabel tegangan menengah dengan rentang tegangan 6,6 kV hingga 20 kV yang menggunakan isolasi tipe XLPE (*Cross-linked Polyethylene*).
3. Analisis *Tan Delta* mencakup evaluasi nilai absolut dan *tip-up* (perubahan nilai TD terhadap kenaikan tegangan uji).

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian tesis ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi berbagai pihak:

1.5.1 Bagi Industri Tenaga Listrik (Operator Sistem Distribusi):

1. Menyediakan metode diagnostik yang akurat dan komprehensif untuk menilai kondisi isolasi kabel SKTM, sehingga memungkinkan penerapan strategi pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*).
2. Membantu identifikasi dini terhadap kabel yang memiliki risiko tinggi mengalami kegagalan, sehingga dapat mengurangi pemadaman listrik tak terencana dan menekan biaya perbaikan darurat.
3. Mengoptimalkan perencanaan jadwal penggantian dan perbaikan kabel, memperpanjang umur layanan aset, serta menurunkan biaya operasional dan investasi modal.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.5.2 Bagi Akademisi dan Peneliti:

1. Menambah literatur ilmiah di bidang teknik tegangan tinggi dan diagnostik isolasi, khususnya terkait kabel tegangan menengah.
2. Menyediakan dasar metodologi dan data empiris untuk penelitian lanjutan dalam pengembangan sistem monitoring isolasi kabel yang lebih maju, termasuk penerapan teknologi kecerdasan buatan (artificial intelligence) dan pembelajaran mesin (machine learning).





Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan analisis hubungan *Partial Discharge* (PD) dan pengukuran *Tan Delta* pada kabel tegangan menengah dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Korelasi antara *Partial Discharge* (PD) dan *Tan Delta*:
2. Terdapat korelasi yang kuat dan konsisten antara *Partial Discharge* (PD) dengan nilai pengukuran *Tan Delta* (nilai *absolut* dan *tip-up*). Peningkatan aktifitas *Partial Discharge* (PD), secara paralel diikuti oleh peningkatan nilai *Tan Delta* dan *tip-up* yang lebih curam. Hubungan ini menunjukkan bahwa kedua parameter ini saling melengkapi dalam mencerminkan kondisi isolasi. *Tan Delta* sangat sensitif terhadap rugi-rugi dielektrik (*loss current*) akibat kelembaban atau penuaan material secara keseluruhan, sementara *Partial Discharge* (PD) memberikan informasi spesifik lokasi cacat lokal atau *defect*.
3. Kriteria Penilaian (asesmen) isolasi kabel: Analisis gabungan *Partial Discharge* (PD) dan pengukuran *Tan Delta* memungkinkan pengembangan kriteria penilaian (asesmen) isolasi kabel. Dengan informasi dari dua metode tersebut, kondisi isolasi dapat diklasifikasikan secara lebih akurat menjadi kategori “baik”, “Waspada” dan “buruk”.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya dan aplikasi praktis adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Model lanjutan: Mengembangkan model matematis atau statistik yang lebih canggih (misalnya, regresi non-linier, machine learning, atau deep learning) untuk mengkuantifikasi hubungan antara parameter PD dan *Tan Delta*. Model ini dapat digunakan untuk memprediksi sisa umur layanan (RUL) kabel dengan akurasi yang lebih tinggi dan mengidentifikasi jenis cacat secara otomatis.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Studi Komparatif Berbagai Jenis Kabel dan Lingkungan: Melakukan studi komparatif pada berbagai jenis material isolasi kabel (misalnya, XLPE dari produsen berbeda, EPR, atau PILC) dan kondisi lingkungan yang bervariasi (misalnya, tanah dengan kelembaban tinggi, suhu ekstrem) untuk memahami bagaimana karakteristik degradasi dan pola PD/*Tan Delta* berbeda antar jenis kabel dan lingkungan.
3. Pengembangan Sistem Monitoring Online: Merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem *monitoring online* yang dapat mengumpulkan data PD dan *Tan Delta* secara *real-time*, dilengkapi dengan algoritma analisis otomatis dan sistem peringatan dini. Ini akan memungkinkan pemeliharaan prediktif yang lebih proaktif dan efisien.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Achmad¹² *et al.*, “Identifikasi Potensi Partial Discharge Pada SKUTM 20 KV Dengan Unit Assesment Kabel,” 2023.
- [2] I. N. Fadliilah, N. Effendy, and I. A. Firstantara, “Analisis Asesmen Kabel 20 kV pada Saluran Kabel Tegangan Menengah di PLN ULP Prima Majalaya,” 2025.
- [3] *High-voltage test techniques: partial discharge measurements*. International Electrotechnical Commission, 2015.
- [4] “IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Using Very Low Frequency (VLF) (less than 1 Hz) Sponsored by the Insulated Conductors Committee IEEE Power and Energy Society,” 2013.
- [5] G. Greamaldy, R. Kurnianto, and U. A. Gani, “Analisis Distribusi Medan Listrik Pada Kabel Bawah Tanah N2XS_Y 1 x 630 mm² Yang Mengandung Void Dengan Menggunakan FEMM,” 2021.
- [6] Malik.NH, Al-Arainy.A.A, and Qureshi.M.I, “Electrical Insulation in Power Systems,” Cary, North Carolina, 1998.
- [7] I. Nurhadi, M. Djaohar, P. Teknik Elektro, F. Teknik, and U. Negeri Jakarta, “Analisis Partial Discharge Pada Saluran Kabel Tegangan Menengah 20 kV (Studi Assesmen SKTM di PT. PLN (Persero) UP3 Menteng) 1.”
- [8] Ing. , M. Tobias Neier, “Cable diagnostic in MV underground cable networks Theoretical background and practical application.”
- [9] G. C. Stone, E. A. Boulter, I. Culbert, and H. Dhirani, “Electrical Insulation For Rotating Machines Design, Evaluation, Aging, Testing, and Repair,” Toronto, Ontario, Canada, Oct. 2023.
- [10] C. C. Uydur and O. Arikan, “Use of Tan δ and partial discharge for evaluating the cable termination assembly,” *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 20, Oct. 2020, doi: 10.3390/en13205299.
- [11] Nuryadi, D. T. Astuti, and M. Budiantara, *Dasar - Dasar Statistika Penelitian*. Sibuku Media, 2017. [Online]. Available: www.sibuku.com
- [12] H. N. Khoiri, M. Ag, K. Dan, A. Perspektif, and M. Pendidikan, *Buku Statistika*. 2021. [Online]. Available: www.seapublication.com



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [13] “Time-saving and effective way of evaluating new and in-service power cables The concept TDM 45 Base module TDM 4540 Base and Boost module PDS 60 PD module.” [Online]. Available: www.megger.com
- [14] Megger, “VLF Sinus 45 kV Portable Test and Diagnosis System.” [Online]. Available: www.megger.com
- [15] R. Hartlein *et al.*, “Diagnostic Testing of Underground Cable Systems (Cable Diagnostic Focused Initiative),” 2010.





LAMPIRAN

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





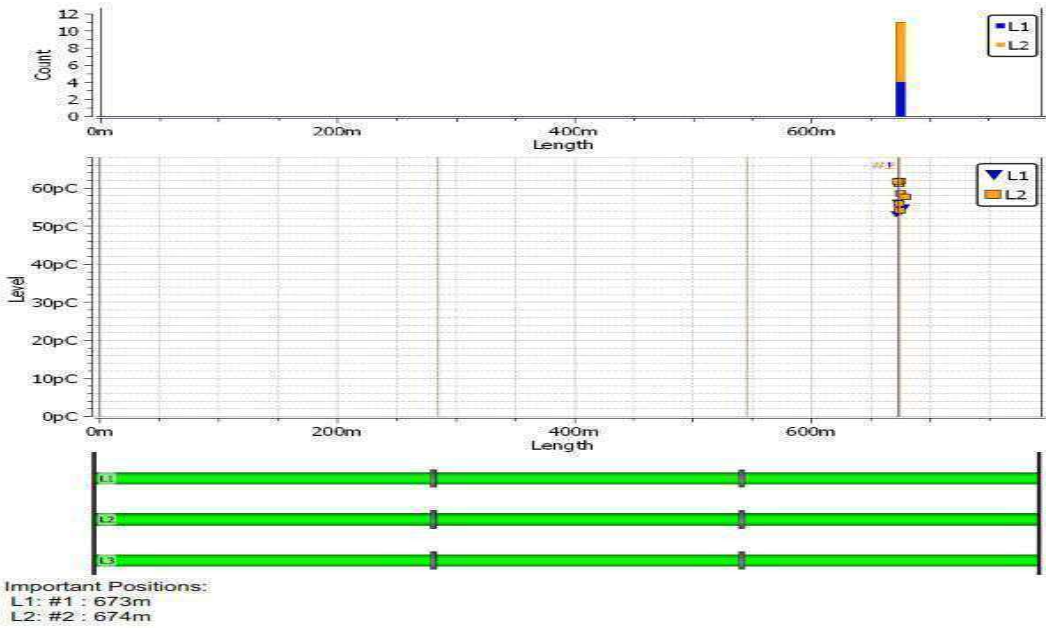
~~Hak Cipta:~~

- ## HASIL PARTIAL DISCHARGE MAPPING DAN MEASUREMENT

[illegible]

PD-Mapping

Mapping for $0.0 U_o \leq U \leq 1.0 U_o$ (All Phases)



Mapping for $0.0 U_0 \leq U \leq 1.3 U_0$ (All Phases)

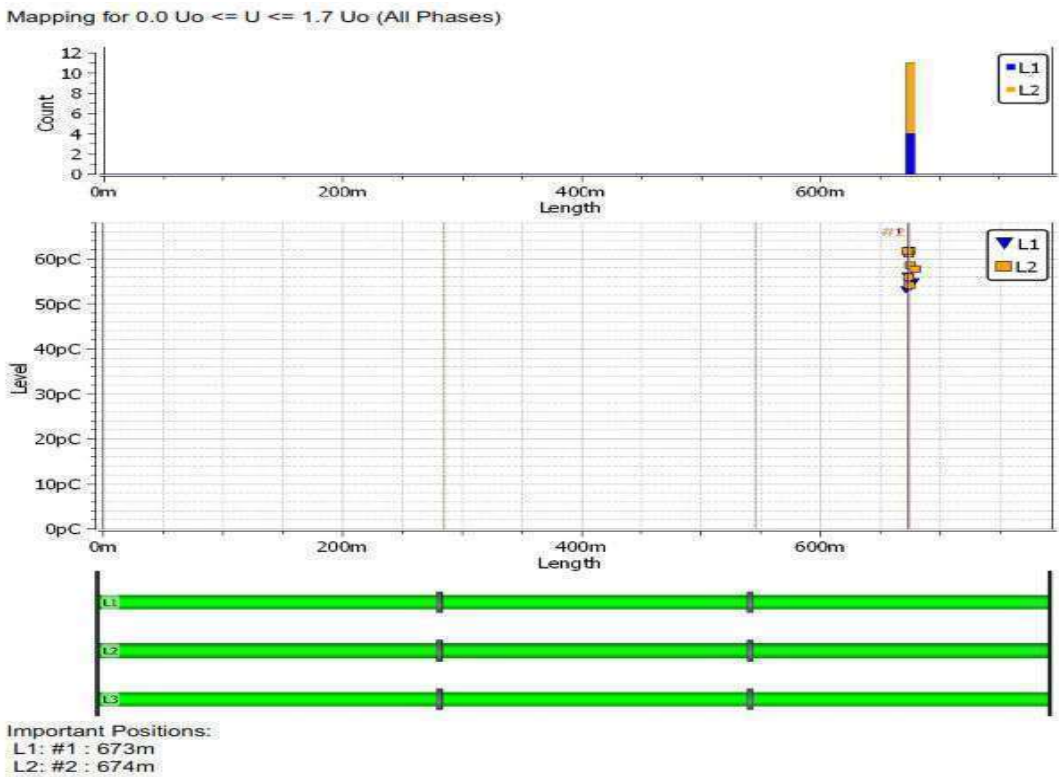
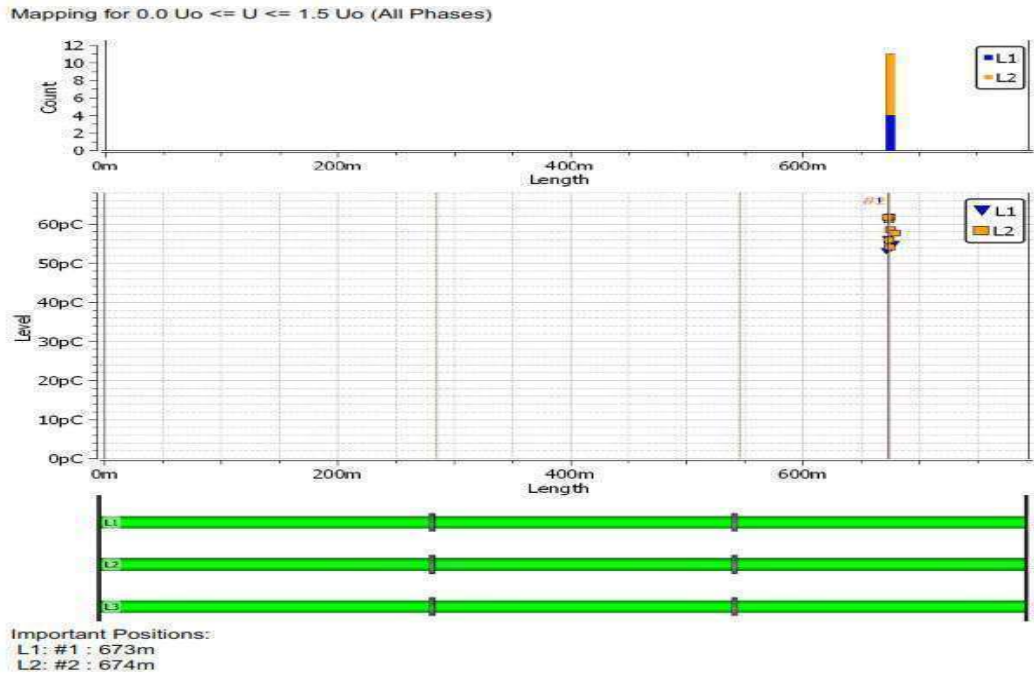


Handwritten:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Handwritten:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



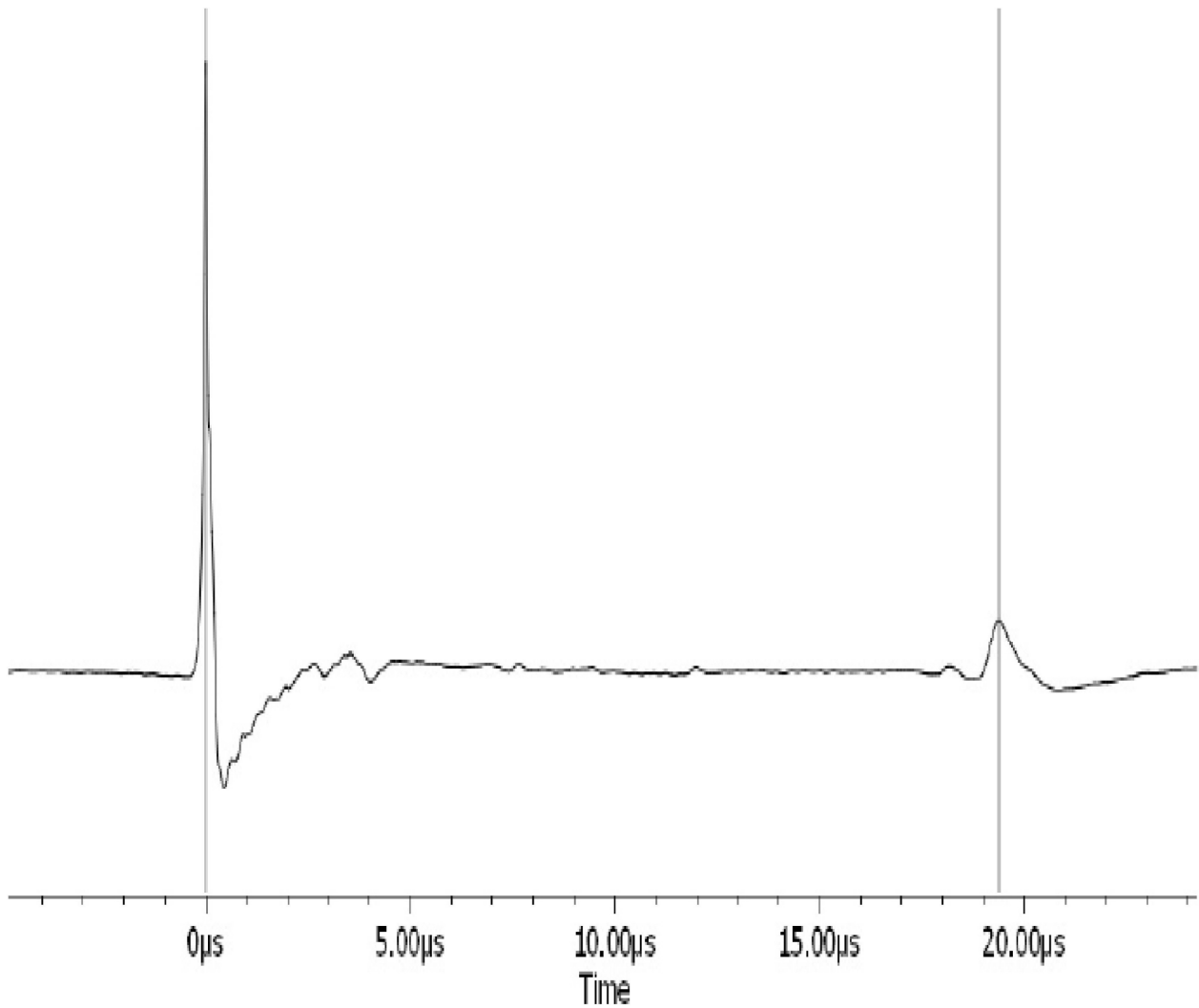
KABEL C

KOROSI PARTIAL DISCHARGE

Calibration

All Phases

Cable length 1570 m
 $v/2$ 81 m/ μ s
Charge 1000 pC



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KABEL C

Mode	DAMPED AC	Uo	11.5 kV rms	Excitation	3
Tegangan Uji	0.5 Uo	Tegangan Uji	1.7 Uo	Step Phase	0.5 - 1.7

[illegible]



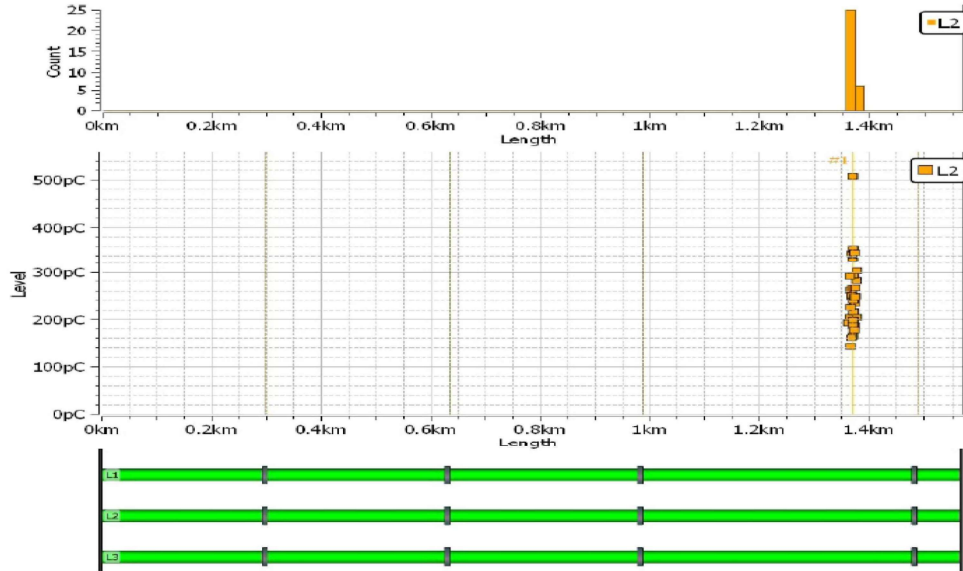
KABEL C

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Length: 1570 m U0 [kV rms]: 11.5

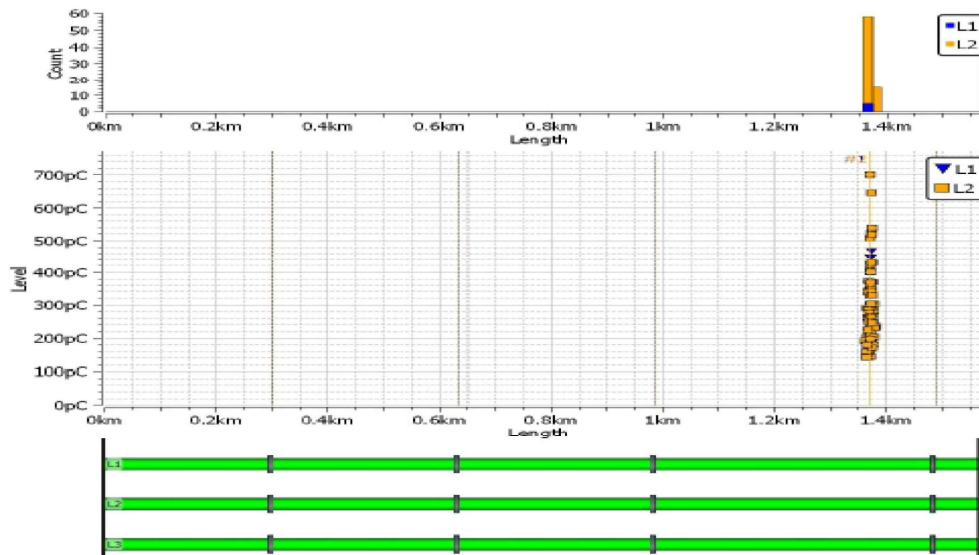
Mapping for $0.0 U_0 \leq U \leq 1.0 U_0$ (All Phases)



Important Positions:
L2: #1 : 1371m

Length: 1570 m U0 [kV rms]: 11.5

Mapping for $0.0 U_0 \leq U \leq 1.3 U_0$ (All Phases)



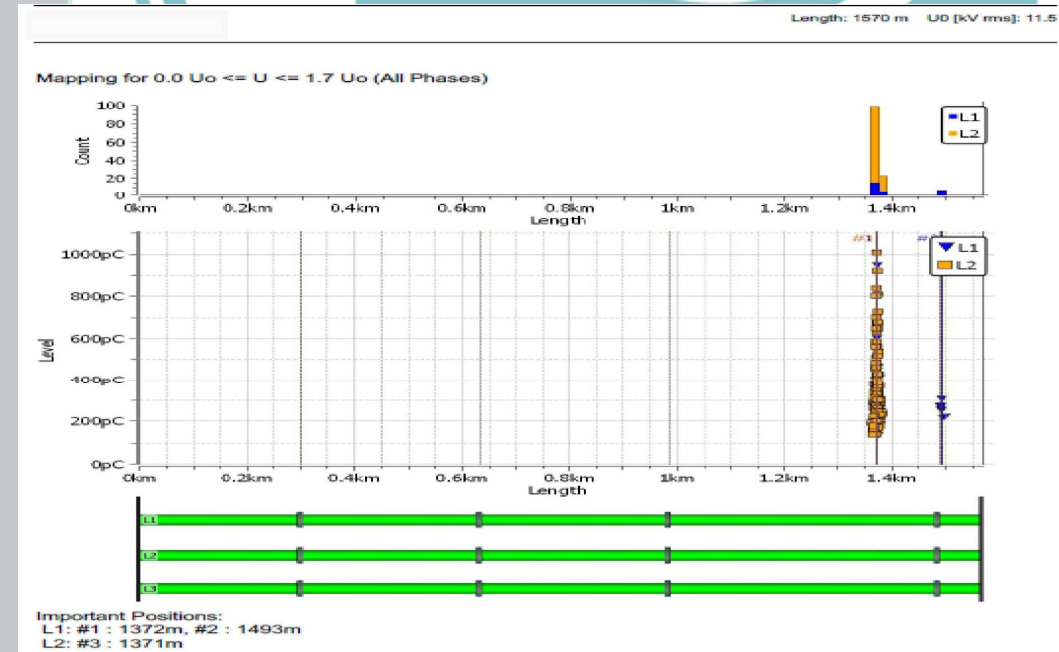
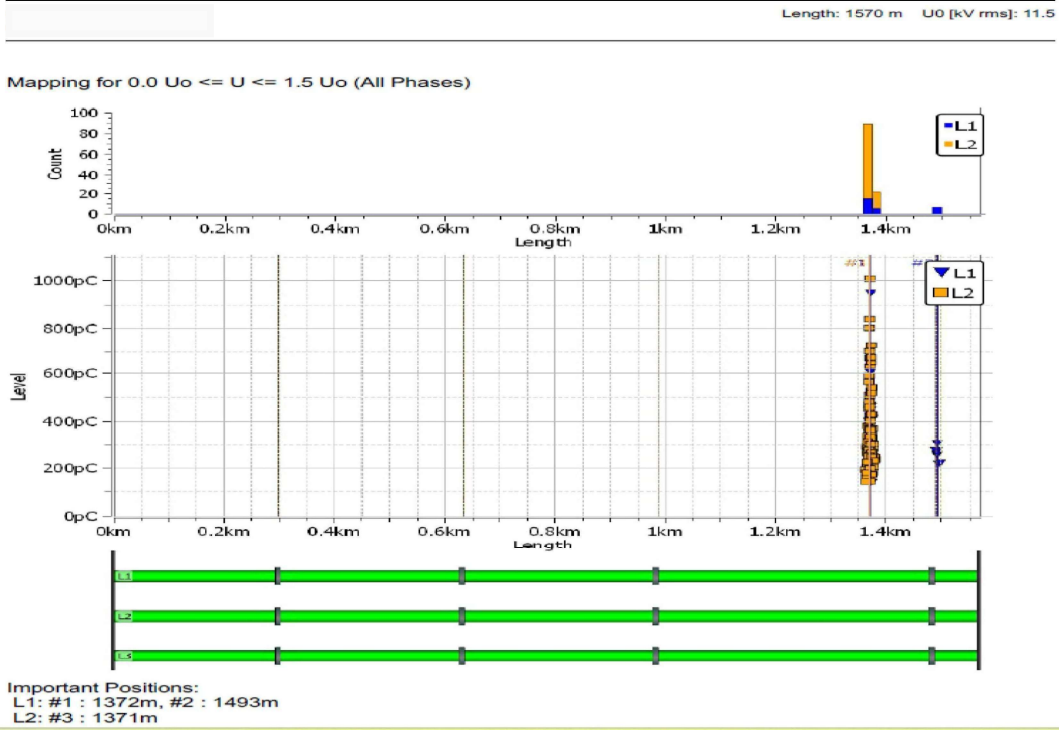
Important Positions:
L1: #1 : 1370m
L2: #2 : 1371m



KABEL C

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Cable test report

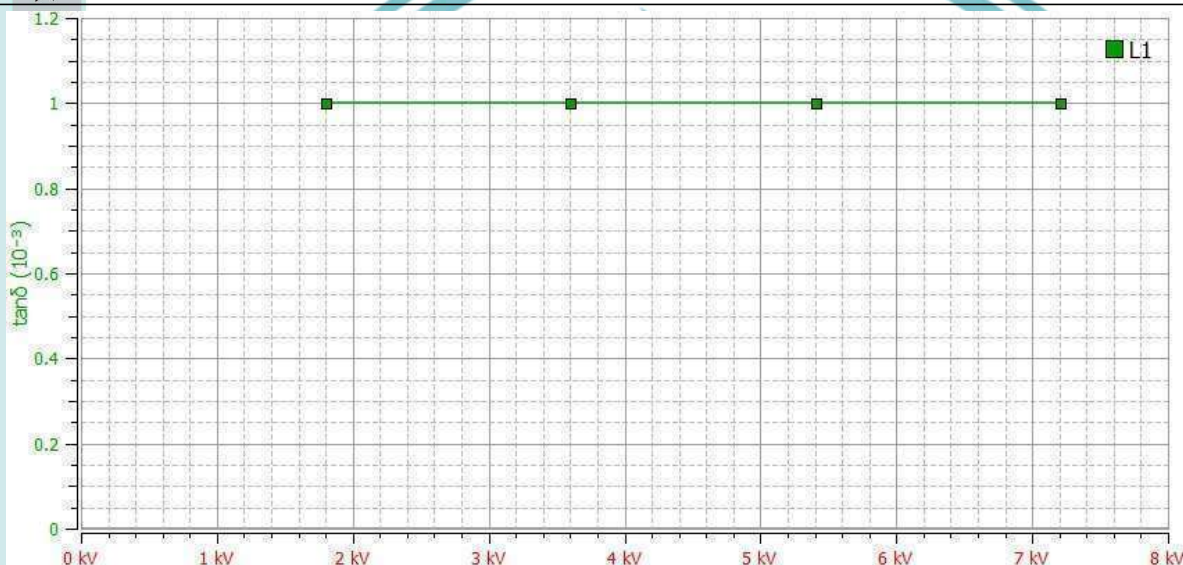
Tester 27 JUNE 2024
Customer ---

Cable data

Number KABEL A
Insulation XLPE
Description
Installation date ---
Voltage U_0 ---
Length ---
Number of joints

Stations	Start	End
Name	---	---
Number		
Location	---	---
Termination	---	---
Switchgear	---	---
Manufacturer		

Tan Delta



Date 2024-06-27
Voltage steps 4
Voltage 3.6 kV
Insulation material PE
Frequency 0.1 Hz
Evaluation standard IEEE 400.2 ($2U_0$)

Time 15:26:17
Values per step 8
Capacitance 142 nF
Resistance $>101 \text{ M}\Omega$
Phase L1

Result no action required

System information

System VLF Sine Wave
Serial number 22130029336
Firmware
Calibration date

Comments / Recommendation

1. No indication of severe problem in the short term
2. The Cable system can be returned to service
3. The Cable system should be retested at some later date

Date

Inspector



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Phase	L1
$\tan \delta @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 1 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 1 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 2 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 2 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\Delta \tan \delta = 2 U_0 - 1 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tip up Tip up $(1.5 U_0 - 1 U_0) - (1 U_0 - 0.5 U_0)$	0.0
Recommendation	no action required

	L1
$\tan \delta @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 1 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 2 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0



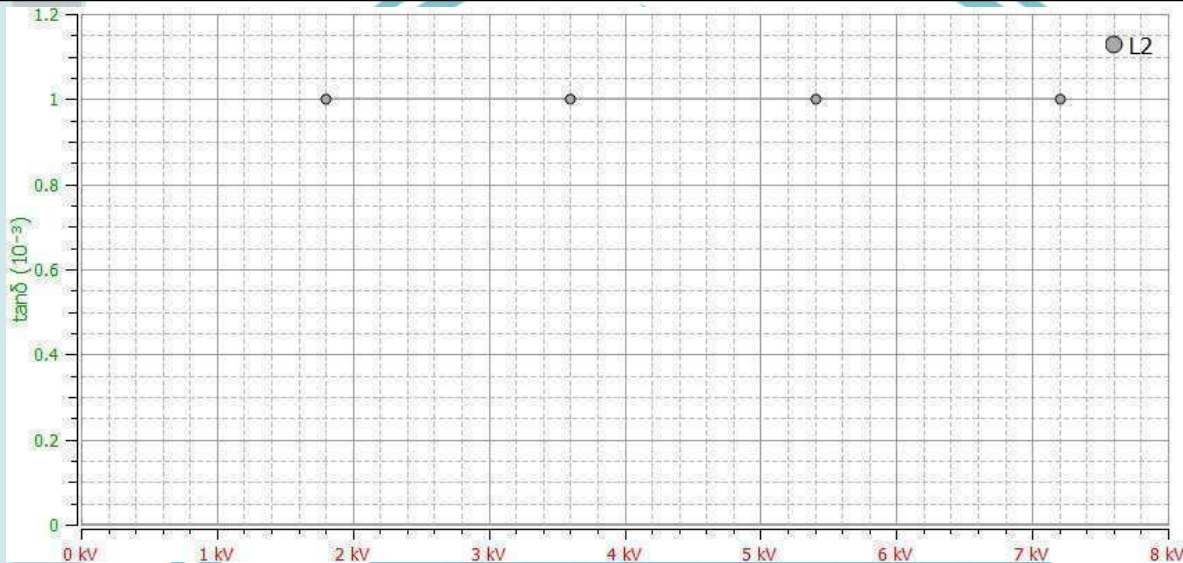
Cable test report

Tester 27 JUNE 2024
Customer ---

Cable data **KABEL A**

Number	Stations	Start	End
Installation	Name	---	---
Description	Number		
Installation date	Location	---	---
Voltage U_0	Termination	---	---
Length	Switchgear	---	---
No. of joints	Manufacturer		

Test Delta



Date 2024-06-27
Voltage steps 4
Voltage 3.6 kV
Insulation material PE
Frequency 0.1 Hz
Evaluation standard IEEE 400.2 (2U₀)

Time 15:55:50
Values per step 8
Capacitance 143 nF
Resistance >101 MΩ
Phase L2

Result no action required

System information

System VLF Sine Wave
Serial number 22130029336
Firmware
Calibration date

Comments / Recommendation

1. No indication of severe problem in the short term
2. The Cable system can be returned to service
3. The Cable system should be retested at some later date

Date

Inspector



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Phase	L2
$\tan \delta @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 1 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 1 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 2 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 2 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\Delta \tan \delta = 2 U_0 - 1 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tip up Tip up $(1.5 U_0 - 1 U_0) - (1 U_0 - 0.5 U_0)$	0.0
Recommendation	no action required

	L2
$\tan \delta @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 1 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 2 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0



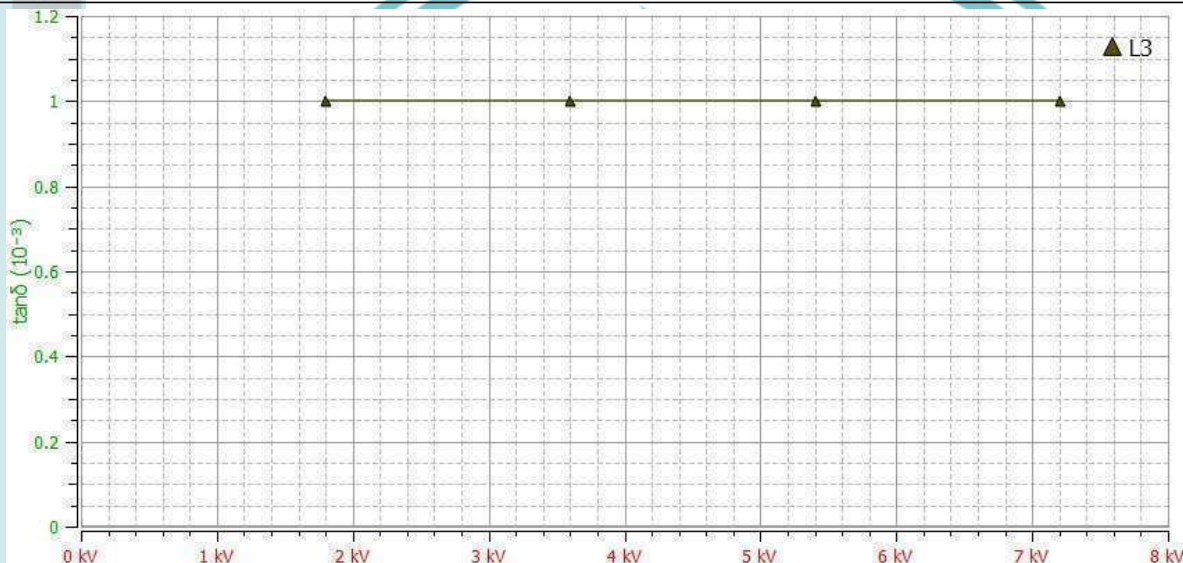
Cable test report

Tester 27 JUNE 2024
Customer ---

Cable data **KABEL A**

Number	Stations	Start	End
Insulation	Name	---	---
Description	Number		
Installation date	Location	---	---
Voltage U_0	Termination	---	---
Length	Switchgear	---	---
No. of joints	Manufacturer		

Test Delta



Date 2024-06-27
Voltage steps 4
Voltage 3.6 kV
Insulation material PE
Frequency 0.1 Hz
Evaluation standard IEEE 400.2 (2U₀)

Time 16:04:48
Values per step 8
Capacitance 148 nF
Resistance >101 MΩ
Phase L3

Result no action required

System information

System VLF Sine Wave
Serial number 22130029336
Firmware
Calibration date

Comments / Recommendation

1. No indication of severe problem in the short term
2. The Cable system can be returned to service
3. The Cable system should be retested at some later date

Date

Inspector



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Phase	L3
$\tan \delta @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 1 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 1 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\tan \delta @ 2 U_0 (10^{-3})$	1.0
$\tan \delta \text{ Deviation } @ 2 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tan delta trend	stable
$\Delta \tan \delta = 2 U_0 - 1 U_0 (10^{-3})$	0.0
Tip up Tip up $(1.5 U_0 - 1 U_0) - (1 U_0 - 0.5 U_0)$	0.0
Recommendation	no action required

	L3
$\tan \delta @ 0.5 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 1 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 1.5 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0
$\tan \delta @ 2 U_0 (10^{-3})$	1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0; 1.0



©

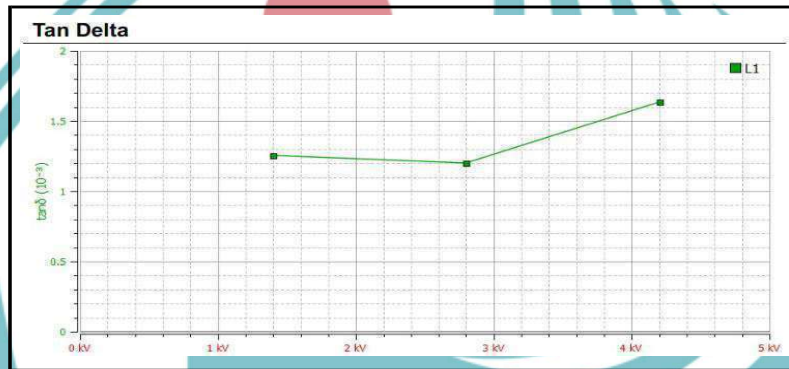
LABEL B

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

HASIL PENGUJIAN TAN(δ) DELTA(Δ) TEST

Voltage steps	3	Values per step	8
Voltage @U _o	2.8 kV	Capacitance	333 nF
Frequency	0.1 Hz	Resistance	>101 M Ω

Phase	L1
Insulation Material	XLPE
Measurement System	VLF Sine Wave
Result	No Action Required
Standard	IEEE 400.2 (1.5 U _o)



Phase	$\tan \delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ 0.5 U _o (10^{-3})	Tan delta trend
L1	1,3	0,2	Decreasing
Phase	$\tan \delta @ 1.0 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ 1.0 U _o (10^{-3})	Tan delta trend
L1	1,2	0,0	Decreasing
Phase	$\tan \delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ 1.5 U _o (10^{-3})	Tan delta trend
L1	1,7	0,3	Decreasing
$\Delta \tan \delta = 1.5 U_o - 0.5 U_o (10^{-3})$		0,4	
Tip up Tip up (1.5U _o - 1U _o) - (1U _o - 0.5U _o)		0,6	
Recommendation		No Action Required	

Voltage steps	Values per step
$\tan \delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	1.3; 1.4; 1.6; 1.3; 1.1; 1.1; 1.1; 1.1
$\tan \delta @ 1 U_o (10^{-3})$	1.2; 1.2; 1.2; 1.2; 1.3; 1.3; 1.2; 1.2
$\tan \delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	1.9; 2.1; 1.9; 1.4; 1.4; 1.5; 1.6; 1.5

- Hak Cipta:
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



©

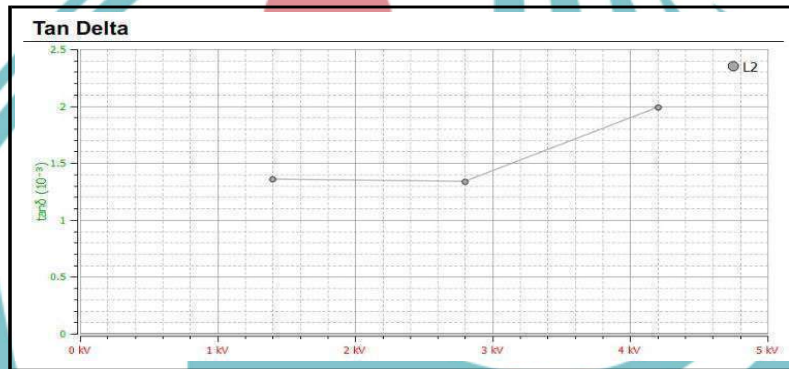
LABEL B

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

HASIL PENGUJIAN TAN(δ) DELTA(Δ) TEST

Voltage steps	3	Values per step	8
Voltage @U _o	2.8 kV	Capacitance	333 nF
Frequency	0.1 Hz	Resistance	>101 M Ω

Phase	L2
Insulation Material	XLPE
Measurement System	VLF Sine Wave
Result	No Action Required
Standard	IEEE 400.2 (1.5 U _o)



Phase	$\tan \delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ $0.5 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L2	1,4	0,1	stable
Phase	$\tan \delta @ 1.0 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ $1.0 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L2	1,3	0,0	stable
Phase	$\tan \delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ $1.5 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L2	2	0,2	stable
$\Delta \tan \delta = 1.5 U_o - 0.5 U_o (10^{-3})$		0,6	
Tip up Tip up ($1.5 U_o - 1 U_o$) - ($1 U_o - 0.5 U_o$)		0,8	
Recommendation		No Action Required	

Voltage steps	Values per step
$\tan \delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	1.2; 1.4; 1.5; 1.5; 1.5; 1.3; 1.2; 1.2
$\tan \delta @ 1 U_o (10^{-3})$	1.3; 1.3; 1.3; 1.3; 1.4; 1.3; 1.3; 1.3
$\tan \delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	1.8; 1.8; 1.9; 2.0; 2.2; 2.1; 2.2; 2.1

- Hak Cipta:
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



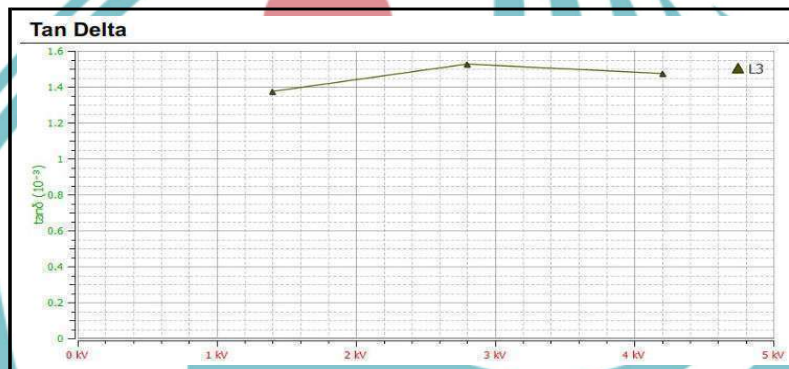
KABEL B

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

HASIL PENGUJIAN TAN(δ) DELTA(Δ) TEST

Voltage steps	3	Values per step	8
Voltage @U _o	2.8 kV	Capacitance	324 nF
Frequency	0.1 Hz	Resistance	>101 M Ω

Phase	L3
Insulation Material	XLPE
Measurement System	VLF Sine Wave
Result	No Action Required
Standard	IEEE 400.2 (1.5 U _o)



Phase	$\tan \delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ 0.5 U _o (10^{-3})	Tan delta trend
L3	1,4	0,1	rising
Phase	$\tan \delta @ 1.0 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ 1.0 U _o (10^{-3})	Tan delta trend
L3	1,5	0,1	stable
Phase	$\tan \delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	$\tan \delta$ Deviation @ 1.5 U _o (10^{-3})	Tan delta trend
L3	1,5	0,1	decreasing
$\Delta \tan \delta = 1.5 U_o - 0.5 U_o (10^{-3})$		0,1	
Tip up Tip up (1.5U _o - 1U _o) - (1U _o - 0.5U _o)		-0.1	
Recommendation		No Action Required	

Voltage steps	Values per step
$\tan \delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	1.3; 1.3; 1.3; 1.4; 1.4; 1.4; 1.4; 1.5
$\tan \delta @ 1 U_o (10^{-3})$	1.6; 1.5; 1.5; 1.6; 1.5; 1.5; 1.4; 1.5
$\tan \delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	1.8; 1.6; 1.4; 1.4; 1.4; 1.4; 1.4; 1.4

- Hak Cipta:
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

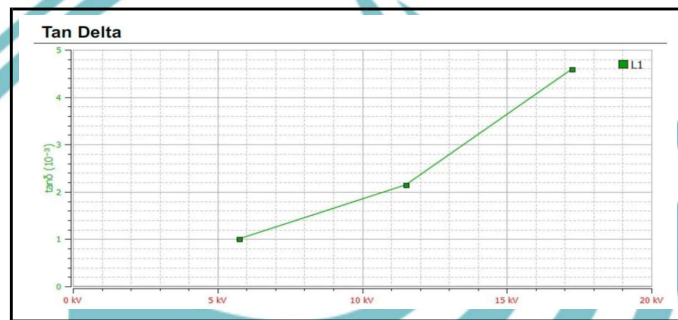
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KABEL C

HASIL PENGUJIAN TAN(δ) DELTA(Δ) TEST

Voltage steps	3	Values per step	8
Voltage @U _o	11.5 kV	Capacitance	471 nF
Frequency	0.1 Hz	Resistance	>101 MΩ

Phase	L1
Insulation Material	XLPE
Measurement System	VLF Sine Wave
Result	Futher Study Advised
Standard	IEEE 400.2 (1.5 U _o)



Phase	$\tan\delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ $0.5 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L1	1	0.0	stable
Phase	$\tan\delta @ 1.0 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ $1.0 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L1	2.2	0.1	rising
Phase	$\tan\delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ $1.5 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L1	4.6	0.1	stable
$\Delta \tan\delta = 1.5 U_o - 0.5 U_o (10^{-3})$		3.6	
Tip up Tip up $(1.5U_o - 1U_o) - (1U_o - 0.5U_o)$		1.2	
Recommendation		Futher Study Advised	
Voltage steps		Values per step	
$\tan\delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$		1.0;1.0;1.0;1.0;1.0;1.0;1.0	
$\tan\delta @ 1 U_o (10^{-3})$		1.9;2.0;2.1;2.2;2.2;2.2;2.3;2.3	
$\tan\delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$		4.4;4.5;4.6;4.6;4.6;4.6;4.7;4.7	



Hak Cipta :

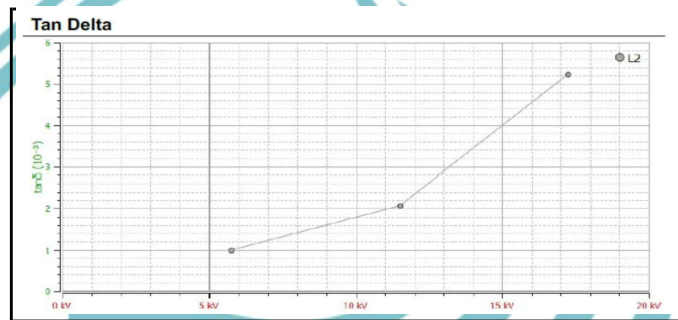
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KABEL C

HASIL PENGUJIAN TAN(δ) DELTA(Δ) TEST

Voltage steps	3	Values per step	8
Voltage @U _o	11.5 kV	Capacitance	469 nF
Frequency	0.1 Hz	Resistance	>101 MΩ

Phase	L2
Insulation Material	XLPE
Measurement System	VLF Sine Wave
Result	Futher Study Advised
Standard	IEEE 400.2 (1.5 U _o)



Phase	$\tan\delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ $0.5 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L2	1.0	0.0	stable
Phase	$\tan\delta @ 1.0 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ $1.0 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L2	2.1	0.2	rising
Phase	$\tan\delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ $1.5 U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L2	5.3	0.2	rising
$\Delta \tan\delta = 1.5 U_o - 0.5 U_o (10^{-3})$		4.3	
Tip up Tip up $(1.5U_o - 1U_o) - (1U_o - 0.5U_o)$		2.1	
Recommendation		Futher Study Advised	
Voltage steps		Values per step	
$\tan\delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$		32.4; 32.5; 32.6; 32.6; 32.7; 32.7; 32.7; 32.8	
$\tan\delta @ 1 U_o (10^{-3})$		33.6; 33.9; 34.0; 34.2; 34.3; 34.4; 34.5; 34.5	
$\tan\delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$		35.3; 35.5; 35.6; 35.6; 35.7; 35.8; 35.8; 35.9	



Hak Cipta :

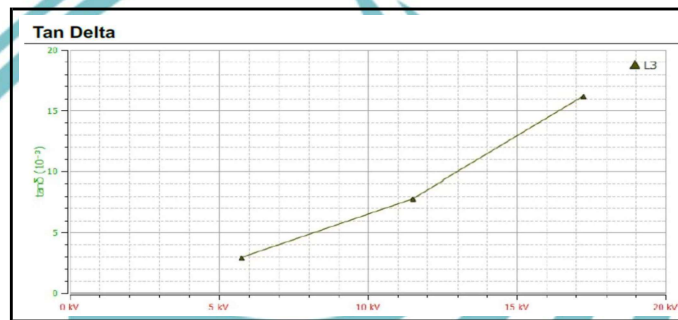
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KABEL C

HASIL PENGUJIAN TAN(δ) DELTA(Δ) TEST

Voltage steps	3	Values per step	8
Voltage @U _o	11.5 kV	Capacitance	469 nF
Frequency	0.1 Hz	Resistance	>101 M Ω

Phase	L3
Insulation Material	XLPE
Measurement System	VLF Sine Wave
Result	Futher Study Advised
Standard	IEEE 400.2 (1.5 U _o)



Phase	$\tan\delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ 0.5 $U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L3	2.9	0.1	rising
Phase	$\tan\delta @ 1.0 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ 1.0 $U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L3	7.8	0.4	rising
Phase	$\tan\delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$	$\tan\delta$ Deviation @ 1.5 $U_o (10^{-3})$	Tan delta trend
L3	16.2	0.5	stable
$\Delta \tan\delta = 1.5 U_o - 0.5 U_o (10^{-3})$		13.3	
Tip up Tip up $(1.5U_o - 1U_o) - (1U_o - 0.5U_o)$		3.5	
Recommendation		Futher Study Advised	
Voltage steps		Values per step	
$\tan\delta @ 0.5 U_o (10^{-3})$		2.7;2.8;2.9;2.9;3.0;3.0;3.0;3.1	
$\tan\delta @ 1 U_o (10^{-3})$		7.1;7.4;7.7;7.8;8.0;8.1;8.1;8.2	
$\tan\delta @ 1.5 U_o (10^{-3})$		15.2;15.7;16.0;16.2;16.4;16.6;16.7;16.7	