# ANALISIS PEMILIHAN MATERIAL ISOLATOR PADA STUDI KASUS JARINGAN SUTT 150 KV RUAS PEGANGSAAN - NEW PLUMPANG PADA DAERAH KOROSIF / PINGGIR PANTAI

## SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik


**Disusun Oleh :**

**ARFAN ID'HA NORGIYANTO**

**092023090488**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA**


**2026**

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 22 Januari 2026

Mahasiswa,




**Arfan Id'ha Norgiyanto**

092023090488

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

| | | |
|---|---|---|
| Skripsi ini diajukan oleh | : | |
| Nama | : | Arfan Id'ha Norgiyanto |
| NIM | : | 092023090488 |
| Program Studi | : | Teknik Elektro |
| Judul Skripsi | : | Analisis Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150 KV Pegangsaan - New Plumpang Pada Daerah Korosif / Pinggir Pantai |

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

## DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Hamzah, S.T., M.T., Ph.D. ( )

Pembimbing 2 : Sinka Wilyanti, S.T., M.T. ( )

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng. ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 22 Januari 2026

| Form B – Lembar Konsultasi Proposal | Revisi ke: 3<br>Tanggal revisi: 01 Oktober 2024 |
|---|---|

## LEMBAR KONSULTASI PROPOSAL

Nama mahasiswa : Arfan Id'ha Norgiyanto

NIM : 092023090488

Judul : Analisa Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150kV Pegangsan – New Plumpang Pada Daerah Korosof / Pinggir Pantai

Dosen Pembimbing I : Hamzah, S.T., M.T., Ph.D.

| No. | Tanggal | Uraian Kegiatan yang Dilakukan | Paraf Dosen |
|---|---|---|---|
| 1 | 2/10/2025 | Konsultasi Judul proposal yang akan diambil | |
| 2 | 8/10/2025 | Bimbingan latar belakang judul dan rumusan masalah | |
| 3 | 14/10/2025 | Bimbingan tujuan penelitian dan batasan masalah penelitian | |
| 4 | 30/10/2025 | Bimbingan tinjauan pustaka dan studi literatur | |
| 5 | 12/12/2025 | Membahas perbaikan atas masukkan dari dosen penguji seminar proposal | |
| 6 | 19/12/2025 | Review perbaikan Bab 1, Bab 2 dan Bab 3 | |
| 7 | 7/1/2026 | Review perbaikan Bab 1, Bab 2 dan Bab 3, Bab 4 dan Bab 5 | |
| 8 | | | |

* Minimal 4 kali pertemuan

Depok, 6 Januari 2026
Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Elektro

(Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng)
NIK. 0415119601



Dipindai dengan CamScanner

| Form B – Lembar Konsultasi Proposal | Revisi ke: 3<br>Tanggal revisi: 01 Oktober 2024 |
|---|---|

## LEMBAR KONSULTASI PROPOSAL

Nama mahasiswa : Arfan Id'ha Norgiyanto

NIM : 092023090488

Judul : Analisa Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150kV Pegangsan – New Plumpang Pada Daerah Korosof / Pinggir Pantai

Dosen Pembimbing II : Sinka Wilyanti, ST., MT

| No. | Tanggal | Uraian Kegiatan yang Dilakukan | Paraf Dosen |
|---|---|---|---|
| 1 | 2/10/2025 | Konsultasi Judul proposal yang akan diambil | |
| 2 | 7/10/2025 | Bimbingan latar belakang judul dan rumusan masalah | |
| 3 | 13/10/2025 | Bimbingan tujuan penelitian dan batasan masalah penelitian | |
| 4 | 17/10/2025 | Bimbingan tinjauan pustaka dan studi literatur | |
| 5 | 30/10/2025 | Pengecekan dan perbaikan penulisan proposal | |
| 6 | 15/12/2025 | Membahas perbaikan atas masukkan dari dosen penguji seminar proposal | |
| 7 | 19/12/2025 | Review perbaikan Bab 1, Bab 2 dan Bab 3 | |
| 8 | 7/1/2026 | Review perbaikan Bab 1, Bab 2 dan Bab 3, Bab 4 dan Bab 5 | |

* Minimal 4 kali pertemuan

Depok, 6 Januari 2026
Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Elektro

(Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng)
NIK. 0415119601



Dipindai dengan CamScanner

# HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :

| | |
|---|---|
| Nama | : Arfan Id'ha Norgiyanto |
| NIM | : 092023090488 |
| Program Studi | : Teknik Elektro |
| Judul Skripsi | : Analisis Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150 KV Pegangsaan - New Plumpang Pada Daerah Korosif / Pinggir Pantai |

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

**DEWAN PENGUJI**

Penguji 1 : Mauludi Manfaluty, S.T.,M.T ( )

Penguji 2 : Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng ( )

Penguji 3 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng ( )

Ditetapkan di : Depok
Tangal : 12 Januari 2026

FM/JGU/L.064

| Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi | Revisi ke: 1<br>Tanggal revisi: 13 Agustus 2020 |
|---|---|

## LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama mahasiswa : ARFAN ID'HA NORGIYANTO

NIM : 92023090488

Jurusan : Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Analisis Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150 KV Pegangsaan - New Plumpang Pada Daerah Korosif / Pinggir Pantai.**

Dosen Penguji 3 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng.

| No | Isi Komentar/ Saran | Revisi/jawaban penulis | Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan |
|---|---|---|---|
| 1. | Surat izin Penelitian tolong dibuat ✓ | Telah dilengkapi surat izin yang dikeluarkan PLN | |
| 2. | Analisis ekonomi tolong dicek dengan referensi yang lain ✓ | sudah ditambahkan pada Bab II hal 42 dan Bab IV hal 67 | |
| 3. | Rumusan masalah, tujuan penelitian, Bab 4 data, kesimpulan tidak sinkron ✓ | sudah disesuaikan dengan saran | |
| 4. | Penjelasan tabel dan gambar tolong dijelaskan detail didalam paragraf ✓ | sudah ditambahkan penjelasannya | |
| | | | |
| | | | |

Depok, 2 Februari 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

( Brainvendra Widi Dionova )

NIK. 509202008P0004

FM/JGU/L.064

JGU Jakarta Global University

| Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi | Revisi ke: 1 |
|---|---|
| | Tanggal revisi: 13 Agustus 2020 |

## LEMBAR MONITORING REVISI SIDANG SKRIPSI

Nama mahasiswa : ARFAN ID'HA NORGIYANTO

NIM : 92023090488

Jurusan : Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Analisis Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150 KV Pegangsaan - New Plumpang Pada Daerah Korosif / Pinggir Pantai.**

Dosen Penguji 1 : Mauludi Manfaluthy, S.T, M.T.

| No | Isi Komentar/ Saran | Revisi/jawaban penulis | Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan |
|---|---|---|---|
| 1. | Tambahkan jurnal (terbitan 5 thn terakhir). Tidak cukup 1 jurnal (2021) saja. | sudah ditambahkan di Bab II hal. 7 | [signature] |
| 2. | Tambahkan ditator belakang ~~Mengapa~~ dgn teknologi isolator | sudah ditambahkan halaman 3 | [signature] |
| | yg ada. (~~2018~~ 2018 poliner baru ada). | | |
| 3. | Tambahkan data sheet dari software / tools yg digunakan untuk memperkuat analisis. | sudah ditambahkan di halaman 22 - 25 | [signature] |
| 4. | Kesimpulan di perbaharui /revisi dgn menjawab | sudah diperbaiki sesuai saran di halaman 70 | [signature] |
| | pertanyaan 2 pada rumusan masalah. | | |

Depok, 3 Feb 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brainvendra widi Aonova)

NIK. 5092020080004

| Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi | Revisi ke: 1 |
|---|---|
| | Tanggal revisi: 13 Agustus 2020 |

## LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama mahasiswa : ARFAN ID'HA NORGIYANTO

NIM : 92023090488

Jurusan : Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Analisis Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150 KV Pegangsaan - New Plumpang Pada Daerah Korosif / Pinggir Pantai.**

Dosen Penguji 2 : Ariep Jaenul, S.Pd, M.Sc.Eng.

| No | Isi Komentar/ Saran | Revisi/jawaban penulis | Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan |
|---|---|---|---|
| 1. | Sesuaikan abstrak | Abstrak sudah disesuaikan | |
| 2. | Bab 1 disempurnakan | Bab 1 latar belakan sudah di sempurnakan | |
| 3 | Referensi sebelumnya ditambah kan | Refrensi penelitian sebelumnya sudah ditambahkan | |
| 4. | Bab 3 disesuaikan berdasarkan metode penelitian | sudah disesuaikan | |
| 5. | Bab 4 disesuaikan hasil dan rumusan masalah | Bab 4 sudah disesuaikan rumusan masalah | |
| 6. | Bab 5 disesuaikan kembali dgn tujuan penelitian | kesimpulan sudah disesuaikan dengan tujuan penelitian | |

Depok, 3 Feb 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

( Brainvendra Widi Dioneva )

NIK. 509202008 0004

# HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

| | | |
|---|---|---|
| Nama | : | Arfan Id'ha Norgiyanto |
| NIM | : | 092023090488 |
| Program Studi | : | Teknik Elektro |
| Fakultas | : | Teknik dan Ilmu Komputer |
| Jenis Karya | : | Skripsi |

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Analisis Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150 KV Pegangsaan - New Plumpang Pada Daerah Korosif / Pinggir Pantai**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 22 Januari 2026




Menyatakan,

Arfan Id'ha Norgiyanto

# KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan hanya bagi Allah Subhanahu wa ta'ala Tuhan semesta alam, shalawat serta salam semoga selalu tercurah limpah untuk junjungan alam semesta Nabi Muhammad Shalallahu alaihi wassalam. Berkat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Analisis Pemilihan Material Isolator Pada Studi Kasus Ruas Jaringan SUTT 150 KV Pegangsaan - New Plumpang Pada Daerah Korosif / Pinggir Pantai ", sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer di Universitas Global Jakarta tercinta ini.

Penulis sadar bahwasanya skripsi ini tidak mungkin selesai tanpa do'a, dukungan, bantuan, bimbingan dan nasehat dari berbagai pihak selama proses penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini ijinkan penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Bapak Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Global Jakarta.
2. Bapak Hamzah, S.T., M.T., Ph.D Dan Ibu Sinka Wilyanti, S.T., M.T.. selaku pembimbing yang baik dan sangat membantu, sabar dan tulus dalam
   membimbing dari mulai proposal dan skripsi.
3. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang tidak dapat penulis sebutkan satu per
   satu, terima kasih atas ilmunya semoga menjadi amal jariyah ilmu yang bermanfaat.
4. Teman-teman kuliah seperjuangan terima kasih atas pengalaman selama perkuliahannya.
5. Bapak dan Ibu pegawai di PT. PLN (Persero) UIT JBB – UPT Pulogadung,
   terima kasih atas ilmu, pengalaman dan arahannya selama penulis melakukan penelitian ini.

6. Kedua orang tua dan adik-adikku yang selalu mendoakan.
7. Istri dan anak-anak tercinta yang selalu menjadi penyemangat.
8. Seluruh pihak yang membantu, terima kasih semoga Allah membalas dengan kebaikan yang berlipat ganda.

Akhir kata penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT, penulis hanya bisa melakukan yang semaksimal mungkin dalam penulisan skripsi ini tapi sadar akan masih banyaknya kekurangan dan kesalahan di dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penulis memohon untuk dimaafkan. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat disempurnakan ataupun dikembangkan ke arah lebih baik. Kebenaran datangnya dari Allah dan kesalahan datangnya dari diri penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan Ridho-Nya kepada kita semua.

Depok, 22 Januari 2026

Penulis

# ABSTRAK

SUTT 150 kV Pegangsaan - New Plumpang merupakan jaringan transmisi 150 kV sepanjang 6,2 kms terdiri dari 23 tower yang menyalurkan energi listrik dari GIS 150kV Pegangsaan ke GI 150kV New Plumpang dimana lokasinya berada di daerah Kota Jakarta Utara yang memiliki polusi dan tingkat korosif yang tinggi dimana melintasi berbagai area, termasuk rumah, jalan, pabrik, jaringan transmisi eksisting dan termasuk pesisir laut jakarta. Berdasarkan riwayat kali sambaran petir pada aplikasi *FALLS*, intensitas sambaran petir rata-rata per tahun sebanyak 80 kali dan berdasarkan riwayat gangguan penyaluran pada Aplikasi (FOIS) periode tahun 2015-2024, SUTT 150 kV Pegangsaan - New Plumpang telah mengalami 6 kali gangguan. Setelah menganalisis data pada gangguan tanggal 29 Februari 2024 ditemukan *flash* isolator pada tower TD6 yang masih menggunakan isolator jenis kaca. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil penyebab gangguan sambaran petir dan menentukan jenis dan spesifikasi isolator yang sesuai untuk jalur transmisi SUTT 150 kV Pegangsaan-New Plumpang, dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan tingkat polusi di area tersebut. Metode pengambilan data penelitian ini dengan pengamatan visual isolator dalam menolak polutan, pengujian tahanan isolasi isolator dan hasil analisa ekonomi. Hasilnya menunjukkan bahwa isolator polimer memiliki kinerja yang lebih unggul dibandingkan dengan isolator kaca dan keramik dalam hal kekuatan isolasi sehingga didapat arus bocor kecil dan kemampuan tinggi menghadapi *flashover*, sehingga cocok digunakan di area pesisir yang berpolusi tinggi. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa isolator polimer lebih efisiensi biaya pemeliharaan sebesar 70,6% dibandingkan isolator keramik dan 71,2% dibandingkan isolator kaca dalam hal biaya perawatan dan penggantian. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi spesifikasi insolator yang optimal untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional jalur transmisi SUTT 150 kV Pegangsaan-New Pulogadung.



**Kata kunci**: Isolator polimer, keramik, kaca, polusi, SUTT 150kV, *flashover*

## ABSTRACT

The 150 kV Pegangsaan–New Plumpang overhead transmission line (OHL) is a 6.2 km transmission corridor consisting of 23 towers, located in North Jakarta, Indonesia. This area is characterized by a highly corrosive coastal environment and very heavy pollution levels, which significantly affect the performance and reliability of transmission line insulation. Based on lightning strike records from the Fault and Lightning Location System (FALLS), the average lightning intensity in this corridor reaches approximately 80 strikes per year. Furthermore, disturbance data obtained from the Fault Outage Information System (FOIS) for the period 2015–2024 indicate that six transmission outages have occurred. Detailed analysis of the disturbance on 29 February 2024 identified an insulator flashover at tower TD6, which was still equipped with glass insulators. This study aims to identify the causes of lightning strike disturbances and determine the appropriate type and specifications of insulators for the 150 kV Pegangsaan–New Plumpang overhead transmission line, considering environmental conditions and pollution levels in the area. The data collection methods include visual observation of insulators in resisting pollutants, insulation resistance testing, and economic analysis. The results indicate that polymer insulators exhibit superior performance compared to glass and ceramic insulators in terms of insulation strength, resulting in lower leakage current and higher resistance to flashover. Therefore, polymer insulators are more suitable for use in highly polluted coastal areas. The economic analysis shows that polymer insulators are more cost-efficient, with maintenance cost savings of 70.6% compared to ceramic insulators and 71.2% compared to glass insulators in terms of maintenance and replacement costs. This study provides recommendations for optimal insulator specifications to enhance the reliability and operational efficiency of the 150 kV Pegangsaan–New Plumpang transmission line.



Keywords: Polymer insulator, ceramic, glass, pollution, SUTT 150kV, flashover

# DAFTAR ISI

**PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI** ..... **iii**
**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING** ..... **iv**
**HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI** ..... **v**
**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS** ..... **vi**
**KATA PENGANTAR** ..... **vii**
**ABSTRAK** ..... **ix**
**ABSTRACT** ..... **x**
**DAFTAR ISI** ..... **xi**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **xiv**
**DAFTAR TABEL** ..... **xvi**
**DAFTAR ISTILAH** ..... **xvii**
**DAFTAR LAMPIRAN** ..... **xviii**
**BAB I PENDAHULUAN** ..... **1**
**1.1 Latar Belakang** ..... **1**
**1.2 Rumusan Masalah** ..... **4**
**1.3 Tujuan Penelitian** ..... **5**
**1.4 Manfaat Penelitian** ..... **5**
**1.5 Batasan Masalah** ..... **6**
**BAB II KAJIAN PUSTAKA** ..... **7**
**2.1 Penelitian Terkait** ..... **7**
**2.2 Isolator** ..... **8**
**2.3 Bahan Penyusun Isolator** ..... **9**
2.3.1 Isolator Polimer ..... 9
2.3.2 Isolator Keramik ..... 10

2.3.3 Isolator Kaca ..... 12
**2.4 Struktur Isolator ..... 14**
2.4.1 Isolator Polimer ..... 14
2.4.2 Isolator Keramik dan Kaca ..... 17
2.4.3 Parameter Geometris Isolator ..... 18
**2.5 Aplikasi FALLS ..... 22**
*2.5.1 Regional Analysis* ..... 23
*2.5.2 Exposure Analysis* ..... 25
*2.5.3 Reliability Analysis* ..... 27
**2.6 Data Gangguan Penyaluran di Aplikasi FOIS ..... 27**
**2.7 *Back Flash Over* (BFO) ..... 28**
**2.8 *Shielding failure* (SF) ..... 29**
**2.9 Proteksi Gangguan Petir Penghantar ..... 30**
**2.10 Polusi Pada Isolator ..... 34**
2.10.1 Sumber Polusi pada Isolator ..... 34
2.10.2 Sifat Polutan Pada Isolator ..... 35
2.10.3 Mekanisme Pembentukan Polutan ..... 36
**2.11 Pengujian Tahanan Isolasi ..... 37**
**2.12 Pengujian Tahanan Pentanahan Tower ..... 39**
**2.13 Pengukuran Suhu ..... 41**
**2.14 Climb up Inspection (CUI) ..... 42**
**2.15 Rencana Anggaran Biaya Dalam Membuat Analisis Ekonomi ..... 42**
**BAB III METODE PENELITIAN ..... 44**
**3.1 Objek Penelitian ..... 44**
**3.2 Data Penelitian ..... 45**
**3.3 *Flowchart* Penelitian ..... 50**
**3.4 Analisis Data ..... 50**
**3.5 Penarikan Kesimpulan ..... 51**

**BAB IV PEMBAHASAN ..... 52**
**4.1 Analisis Gangguan Pada SUTT 150kV Pegangsaan – New Plumpang.... 52**
4.1.1 Simulasi Sambaran Petir Pada Earth Wire System (EWS)..... **55**
4.1.2 Kinerja Isolator Ruas SUTT 150 kV Pegangsaan – New Plumpang ..... **56**
4.1.3 *RCPS* Gangguan SUTT Pegangsaan – New Plumpang..... **59**
**4.2 Kinerja Isolator Kondisi Lingkungan Pinggir Pantai/ Polusi Tinggi ..... 64**
4.2.1 Pengujian Tahanan Isolasi..... **64**
4.2.1 Pengukuran Suhu Permukaan Isolator ..... **65**
**4.3 Analisis Ekonomi ..... 67**
**BAB V PENUTUP..... 70**
**5.1 Kesimpulan..... 70**
**5.2 Saran ..... 71**
**DAFTAR PUSTAKA..... 72**
**LAMPIRAN..... 74**

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Topologi Jaringan SUTT 150kV New Plumpang – Pegangsaan ..... 1
Gambar 2.1 Isolator Polimer ..... 10
Gambar 2.2 Isolator Keramik ..... 11
Gambar 2.3 Isolator Kaca ..... 12
Gambar 2.4 Kekuatan setiap keping isolator (Sumber SPLN 10 -1A-1996) ..... 14
Gambar 2.5 Struktur Isolator Polimer ..... 14
Gambar 2.6 Struktur Isolasi model Piring ..... 17
Gambar 2.7 Parameter Geometri Isolator ..... 19
Gambar 2. 8 Output Regional Analysis (TVOSP, 2021) ..... 23
Gambar 2. 9 Tampilan Peta Kerapatan Petir ..... 24
Gambar 2. 10 Tampilan Sambaran Nilai Puncak Petir ..... 24
Gambar 2. 11 Output Exposure Analysis ..... 25
Gambar 2.12 *Output Reliability Analysis* ..... 27
Gambar 2. 13 Aplikasi FOIS ..... 28
Gambar 2.14 Proses BFO pada Kawat Tanah dan Tower 150kV ..... 29
Gambar 2.15 Jumper Kawat Tanah ..... 31
Gambar 2.16 Desain Tanduk Api (Arching Horn) ..... 33
Gambar 2.17 TLA SUTT (Kepdir 520 – Pedoman Har SUTT, 2024) ..... 34
Gambar 2.18 Insulation Tester ..... 38
Gambar 2.19 Earth Tester ..... 39
Gambar 2.20 Pengukuran Earth Tester ..... 40
Gambar 2.21 Kamera termal ..... 41
Gambar 3. 1 Tower T.A3C - T.A12C yang berada dekat pinggir pantai ..... 44
Gambar 3.2 Desain Tower SUTT Pegangsaan -New Plumpang ..... 45
Gambar 3.4 Software Falls untuk melihat kerapatan petir ..... 47
Gambar 3.5 Rekap gangguan SUTT Pegangsaan – New Plumpang di FOIS ..... 49
Gambar 3.3 Diagram Alur Penelitian ..... 50
Gambar 4.1 Indikasi Rele Differential ..... 52

Gambar 4.2 DFR ..... 52
Gambar 4.3 Indikasi petir waktu terjadi gangguan di T.D7C ..... 53
Gambar 4.4 Indikasi Petir waktu terjadinya gangguan di T.D6C-T.D9C ..... 53
Gambar 4.5 Isolator Flash dan Pecah Petir di T.D6C ..... 54
Gambar 4.6 Nilai Perhitungan BFO pada Tower D5C – A12C ..... 56
Gambar 4.7 Isolator 150kV kondisi Bersih dan Korosif ..... 59
Gambar 4.8 RCPS Gangguan SUTT 150kV Pegangsaan – New Plumpang ..... 60
Gambar 4.9 Hasil uji tahanan isolasi Isolator ..... 65
Gambar 4.10 Suhu Permukaan Isolator ; (a) Keramik, (b) Kaca, (c) Polimer ..... 65

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Isolator 150kV ..... 9
Tabel 2.2 Jumlah keping isolator (Sumber SPLN 10 -1A-1996) ..... 13
Tabel 2.3 Tingkat Intensitas Polusi (SPLN 10-3B) ..... 21
Tabel 2.4 Tampilan Statistik Sambaran Petir (FALLS, 2024) ..... 26
Tabel 2.5 Tampilan Statistik Sambaran Petir (FALLS, 2025) ..... 26
Tabel 2.6 Renceng Isolator 150 kV – Tegangan Sistem Maksimal ..... 33
Tabel 2.7 Standar evaluasi pengujian resistansi pentanahan tower ..... 41
Tabel 3.1 Jenis Isolator, dan Jarak dari Laut ..... 46
Tabel 3.2 Penyajian Data Pengukuran Tahanan Pentanahan ..... 48
Tabel 3.3 Penyajian Data *Climb up inspection* ..... 48
Tabel 3.4 Tabel Terjadi Gangguan Transmisi ..... 49
Tabel 3.5 Probability Impact Matrix (PIM) Mitigasi ..... 51
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Pentanahan 2024 ..... 54
Tabel 4.2 Nilai Perhitungan BFO pada Tower D5C – A12C ..... 56
Tabel 4.3 Cleaning Isolator Maret 2023 ..... 57
Tabel 4.4 Cleaning Isolator Agustus 2024 ..... 58
Tabel 4.5 Penilaian Solusi RCPS ..... 61
Tabel 4.6 Skor Probability (P) dan Impact (I) ..... 62
Tabel 4.9 Biaya Pembersihan dan Penggantian Isolator ..... 67

## DAFTAR ISTILAH

| No. | Istilah | Keterangan |
|---|---|---|
| 1 | BFO | Back Flash Over |
| 2 | BIL | Basic Level Insulation |
| 3 | FALLS | Fault Analysis and Lightning Location Software |
| 4 | FOIS | Forced Outage Information System |
| 5 | GI | Gardu Induk |
| 6 | kA | Kilo Ampere |
| 7 | KepDir | Keputusan Direksi |
| 8 | kV | Kilo Volt |
| 9 | PLN | Perusahaan Listrik Negara |
| 10 | ROW | Right Of Way |
| 11 | SF | Shielding Failure |
| 12 | SPLN | Standar Perusahaan Listrik Negara |
| 13 | SUTET | Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi |
| 14 | SUTT | Saluran Udara Tegangan Tinggi |
| 15 | TVOSP | Tim Verifikasi Operasi Sistem Penyaluran |
| 16 | UIT JBB | Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Barat |
| 17 | ULTG | Unit Layanan Transmisi & Gardu Induk |
| 18 | UPT | Unit Pelaksana Transmisi |

# DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Riwayat sambaran petir pada SUTT 150 kV Pegangsaan – New Plumpang dalam Aplikasi FALLS

**Lampiran 2**. Riwayat gangguan SUTT 150 kV Pegangsaan – New Plumpang pada Aplikasi FOIS dari tahun 2015-2025

**Lampiran 3.** Nilai BIL isolator SUTT 150 kV Pegangsaan – New Plumpang

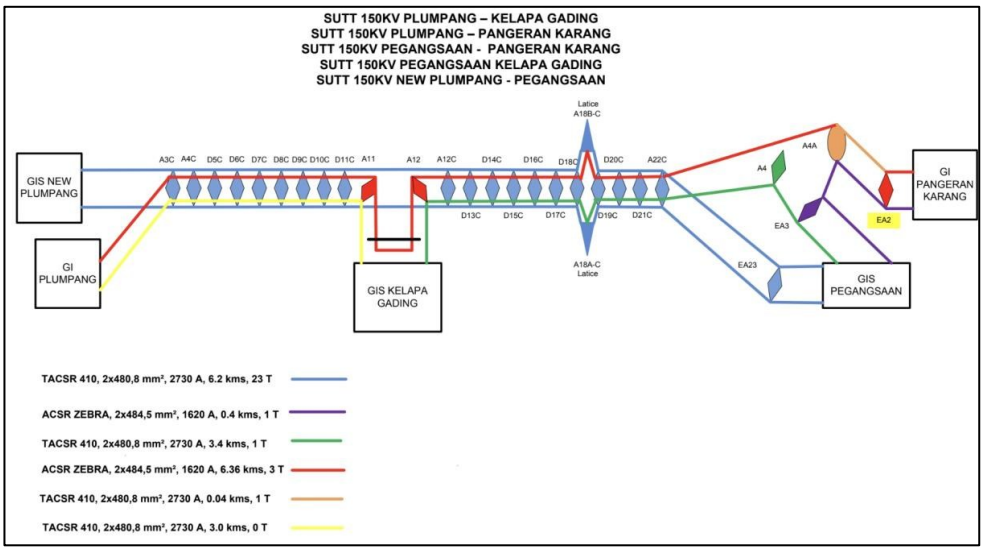
**Lampiran 4.** Surat izin pemanfaatan data untuk penelitian dan berkas formulir kelengkapan kegiatan skripsi

**Lampiran 5 .** Langkah mengidentifikasi sambaran petir menggunakan aplikasi FALLS

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) adalah sistem penyaluran tenaga listrik yang menggunakan konduktor tanpa isolasi yang direntangkan di udara dan ditopang oleh struktur penyangga berupa tower atau tiang, untuk mentransmisikan energi listrik pada tingkat tegangan tinggi, umumnya pada kisaran 70 kV hingga 150 kV (S.Sudarman, 2020). SUTT 150 kV Pegangsaan - New Plumpang adalah salah satu jaringan transmisi 150 kV sepanjang 6,2 kms yang terdiri dari 23 tower berfungsi menyalurkan energi listrik dari Gardu Induk (GI) 150 kV New Plumpang menuju Gardu Induk (GI) 150 kV Pegangsaan dimana lokasinya berada di daerah Kota Jakarta Utara, dapat dilihat topologi jaringan tersebut pada Gambar 1.1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV ini telah beroperasi dari tahun 2011 dan merupakan aset transmisi yang dikelola oleh PT. PLN (Persero) Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Barat (UIT JBB) di bawah Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Pulogadung dan dipelihara oleh tim pemeliharaan Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Pulogadung.




Gambar 1.1 Topologi Jaringan SUTT 150kV New Plumpang – Pegangsaan

Salah satu hal penting dari pemakaian tenaga listrik adalah dapat menyalurkan energi listrik dengan aman dan terus menerus terhindar dari gangguan. Gangguan pada penyaluran daya listrik dapat diakibatkan oleh faktor internal yakni gangguan dari dalam sistem tenaga listrik itu sendiri seperti gangguan hubung singkat dan faktor eksternal adalah gangguan dari luar sistem tenaga listrik salah satunya sambaran petir (Zoro, 2018). Berdasarkan data historis kali sambaran petir pada Aplikasi FALLS (*Fault Analysis and Lightning Location Software*) untuk tower SUTT 150kV Pegangsaan – New Plumpang terjadi sambaran sebanyak 80 kali per tahun dan berdasarkan data riwayat gangguan penyaluran pada Aplikasi *Forced Outage Information System* (FOIS) periode tahun 2015-2024, SUTT 150kV Pegangsaan - New Plumpang telah mengalami 6 kali gangguan penyaluran energi listrik, dimana terjadi saat hujan petir. Jalur SUTT 150kV Pegangsaan – New Plumpang berada di daerah dengan tingkat polusi yang tinggi, karena berada di kawasan pabrik peleburan besi dan jarak ke bibir pantai sekitar 4km dengan tingkat korosif dan sambaran petirnya cukup tinggi, permukaan isolator harus dijaga selalu bersih untuk menghindari sambaran petir yang bisa menyebabkan *back flashover (BOF)* atau *shielding failure* (SF).

Indonesia dengan iklim tropisnya menjadikan faktor lingkungan sangat penting untuk diperhatikan dalam penggunaan isolator pasangan luar, dimana radiasi UV adalah yang tertinggi dibandingkan daerah dengan iklim lainnya, kelembaban nisbi yang mencapai 87%, temperature yang dapat mencapai 39,5°C, dan curah hujan tahunan yang cukup tinggi yang mencapai 3.548 mm. Indonesia juga memiliki garis pantai terpanjang kedua di dunia sehingga polusi garam air laut sangat mempengaruhi kinerja isolator yang terpasang di daerah pantai. Saat ini, jenis isolator pasangan luar yang paling umum digunakan di Indonesia adalah isolator keramik jenis porselen atau kaca, yang memiliki beberapa kelemahan yaitu berat, mudah pecah, dan polutan mudah menempel pada permukaan isolatornya sehingga dapat menurunkan kinerja isolator khususnya pada daerah berpolusi tinggi.

Hal ini menyebabkan isolator – isolator jenis ini sering kali mengalami penggantian karena kegagalan, serta diperlukannya proses pemeliharaan isolator yang cukup rutin demi menjaga kinerja isolator. Pada titik ini, isolator polimer (komposit) mulai diperkenalkan di PLN di Bidang Transmisi pada tahun 2000 untuk menjadi alternatif solusi dari permasalahan ini. Keuntungan utama isolator polimer adalah sifat hidrofobiknya yang tinggi sehingga dapat menolak polutan dan ringan.

Sudah banyak studi sebelumnya membahas pengaruh kondisi isolator akibat pengaruh polutan pada saluran udara tegangan tinggi antara lain :

1. Kerusakan Isolator Saluran Transmisi Tegangan Tinggi Akibat Pengaruh Polutan (Kondisi Kering dan Basah) oleh Yusri Anugerah Manapa Ambabunga & Henrianto Masiku (2021)
2. Analisis Tahanan Isolasi Pada Isolator Porselin dan Polimer Terhadap Polutan Garam di GISTET 500 kV Adipala Cilacap oleh Agam Celvano Darmadi, Kholistianingsih, Priyono Yulianto (2022)
3. Studi Analisis Karakteristik Tingkat Polusi pada Penggunaan Insulator di Proyek SUTET 500 kV Paiton-Kalipuro Oleh Ade Septia Putra, Andri Cahyo Kumoro & Ferry Hermawan (2025)

Pada jurnal diatas fokus pada kondisi lingkungan kering dan basah serta penggunaan isolator pada Saluran Udara Extra Tinggi (SUTET) 500kV, sehingga penulis melakukan penelitian pada isolator SUTT 150kV Pegangsaan – New Plumpang dengan kondisi lingkungan pingggir pantai dan berada di kawasan industri dengan jenis isolator yang digunakan jenis isolator kaca.

Oleh karena itu setelah melakukan studi literatur diantaranya mengenai karakteristik petir di wilayah Jakarta utara dan penggunaannya isolator pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) di wilayah UPT Pulogadung dengan tingkat curah hujan tinggi yaitu 213,4–267 mm per hari, kelembaban udara 87 %, dan tingkat polusi udara buruk sehingga peneliti perlu menganalisis lebih lanjut terhadap data hasil pengukuran di lapangan

dan hasil perhitungan menggunakan metode dan rumus yang sesuai sehingga dapat menghasilkan mitigasi yang tepat untuk peningkatan keandalan dengan minimalisir atau menghilangkan gangguan penyaluran energi listrik yang terjadi pada SUTT 150 kV Pegangsaan – New Plumpang dengan pemilihan jenis isolator yang tepat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja tiga jenis isolator, yaitu polimer, keramik, dan kaca, dengan fokus pada kekuatan isolasi, analisis ekonomi untuk membandingkan biaya pengadaan dan perawatan isolator serta ketahanan terhadap polusi di lingkungan pinggir pantai dan dikawasan pabrik peleburan besi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi mengenai jenis isolator yang paling sesuai untuk digunakan pada lingkungan pinggir pantai dan terpapar polusi industri berat pada setiap jaringan penghantar saluran udara tegangan tinggi, khususnya di PLN UPT Pulogadung yang asset SUTT di wilayah pada kawasan Jakarta Utara.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat didefinisikan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Apa saja faktor penyebab terjadinya gangguan sambaran petir pada saluran transmisi SUTT 150 kV Pegangsaan – New Plumpang?
2. Bagaimana perbandingan kinerja isolator dalam ketahanan terhadap tegangan tembus di kondisi lingkungan polusi tinggi?
3. Bagaimana analisis ekonomi dalam biaya perawatan dan penggantian isolator di kondisi lingkungan polusi tinggi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. Menganalisis penyebab gangguan sambaran petir pada SUTT 150 kV Pegangsaan - New Plumpang akibat dari *back flash over* (BFO) atau *shielding failure* (SF).
2. Menganalisis dan membandingkan kinerja isolator polimer, keramik dan kaca di daerah tercemar terkait ketahanan tegangan tembus, resistansi isolasi dan resistansi isolasi.
3. Menentukan efisiensi biaya perawatan dan penggantian isolator dalam lingkungan polusi tinggi.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Memperkaya kajian teknis mengenai mekanisme gangguan sambaran petir pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV, khususnya yang disebabkan oleh *back flash over* (BFO) dan *shielding failure* (SF), serta kontribusinya terhadap performa isolator pada lingkungan dengan tingkat polusi tinggi.
2. Menjadi acuan teknis dalam evaluasi efektivitas penggunaan jenis isolator tertentu pada jaringan transmisi 150kV di wilayah dengan kondisi lingkungan yang korosif tinggi guna meningkatkan keandalan penyaluran energi listrik serta meminimalkan frekuensi gangguan akibat sambaran petir
3. Menjadi dasar dalam menentukan efisiensi biaya perawatan dan penggantian isolator, sehingga membantu dalam menekan biaya operasi dan pemeliharaan tanpa mengurangi keandalan sistem transmisi.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini ditetapkan batasan masalah agar pembahasan lebih terarah yaitu sebagai berikut :

1. Jenis Isolator : Polimer, keramik dan kaca.
2. Parameter Kinerja : Tegangan tembus, resistansi isolator dan visual inspeksi.
3. Kondisi lingkungan : Pengujian dalam kondisi bersih dan terkontaminasi garam pinggir laut.
4. Metodologi : Pengujian menggunakan alat pengukur tegangan isolasi dan tahanan pentanahan.
5. Analisis biaya : Perbandingan biaya perawatan dan penggantian isolator.
6. Batasan : Pengujian satu unit isolator, bukan rangkaian penuh.

# DAFTAR PUSTAKA


Ajiatmo, D. (2023). *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik.* Purbalingga: CV. Eureka Media Aksara.

Committee, D. S. (1996). *IEEE Std 998-1996, IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substation.* New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

Committee, T. I. (1997). *IEEE Std 1243-1997, Guide for Improving the Lightning Performance of Transmission Lines* . New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

Fatkur Rohman, T. W. (2023). Analisa Sistem Proteksi Petir Pada Jaringan Transmisi 70-30 kV GI Dolopo - Golang. *SNESTIK* (hal. 454-460). Surabaya: FTETI-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

Havel Alindo Sano, F. M. (2018). Analisa Sistem Proteksi Petir Pada SUTT 150 kV Menggunakan Software ATP. *Jom FTEKNIK*, Volume 5 No.1.

Hileman, A. L. (1999). *Insulation Coordination for Power Systems.* London: Taylor & Francis Group.

Junaidi A., Y. A. (2021). Analisa Surja Petir Menggunakan Elektromagnetik Transien Program Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi. *KILAT*, 359-369.

Kelompok Bidang Transmisi Standarisasi dengan Keputusan Kepala PT PLN (Persero) PUSLITBANG Ketenagalistrikan No. 0103.K/LIT.03/KAPUSLITBANG/2015. (2016). *SPLN T5.010-1: 2015 tentang Insulator Komposit Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi Bagian 1 : Insulator Suspension dan Tension.* Jakarta: PT. PLN (Persero).

Kelompok Standarisasi Bidang Transmisi dengan Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0013.K.DIR/2020. (2020). *SPLN T5.012:2020 tentang Pembumian Pada Gardu Induk dan Jaringan Transmisi.* Jakarta: PT. PLN (Persero).

Kelompok Standarisasi Bidang Transmisi dengan Keputusan Direksi PT PLN (Persero) No. 0013.K.DIR/2020. (2021). *SPLN T5.014-1:2021 tentang Kriteria Desain Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Saluran Udara*

*Tegangan Ekstra Tinggi Bagian 1 : Tower Rangka Baja (Latticed Steel Tower).* Jakarta: PT. PLN (Persero).

Muliani, T. S. (2017, Oktober 2). *Analisa Sistem Proteksi Petir (Lightning Peformance) Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Sengkol - Paokmotong.* Diambil kembali dari dielektrika: https://dielektrika.unram.ac.id/index.php/dielektrika/article/view/75

Pradinta, W. P. (2021, Februari 16). *sistem proteksi petir extended mast terminal (emt) untuk transmisi tegangan tinggi.* Diambil kembali dari perpustakaan digital ITB: https://digilib.itb.ac.id/gdl/view/52195/

Priya Surya H, A. S. (2023). Analisa Proteksi Gangguan Petir Pada SUTT 70 kV Antara GI Kebonagung - Polehan. *ELPOSYS; Jurnal Sistem Kelistrikan*, Vol. 10 No.1.

Syafriyudin. (2012). *Transmisi Daya Listrik.* Yogyakarta: Akprind Press.

Syahputra, R. (2021, Maret). *Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik.* Diambil kembali dari Elektro UMY: https://elektro.umy.ac.id/wp-content/uploads/2023/04/Ramadoni-Syahputra__Transmisi-dan-Distribusi-Tenaga-Listrik-diktat-2.pdf

Tim Kelompok Kerja Jaringan. (2023). *Petunjuk Pelaksanaan Pemilihan Perlindungan Terhadap Petir, Standarisasi Pemanfaatan Isolator, Pentanahan dan Perkuatan Dinding Penahan Tanah.* Jakarta: PT. PLN (Persero) Transmisi Sumatera, Jawa, Bali dan Madura.

Tim SUTT dan ROW. (2024). *KEPDIR No 0520 K/DIR/2014 tentang Pedoman Pemeliharaan SUTT/TET & ROW.* Jakarta: PT. PLN (Persero).

Tim Verifikasi Operasi Sistem Penyaluran 2021 PLN UIT JBB. (2021). *Laporan Hasil Kerja Semester 1 Tahun 2021 "Transformasi TVOSP".* Jakarta: PT. PLN (Persero) UIT JBB.

Zoro, R. (2018). *Sistem Proteksi Petir Pada Sistem Tenaga Listrik.* Bandung: PT Remaja Rosdakarya.