



Studi Eksperimental Pengukuran Medan Listrik pada Isolator Transmisi 275 kV PT. INALUM Menggunakan *Positron Insulator Tester*

Joya Margaretha Siregar

Universitas Negeri Medan

Hisar Alexcandra

Universitas Negeri Medan

Arwadi Sinuraya

Universitas Negeri Medan

Desman Jonto Sinaga

Universitas Negeri Medan

Alamat: Jl. William Iskandar Ps. V, Kenangan Baru, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20221

Korespondensi penulis: joyamargaret.5223230032@mhs.unimed.ac.id

Abstract. *This study aims to determine the characteristics and distribution of electric fields in the 275 kV transmission line insulator owned by PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM) uses a Positron Insulator Tester. The background of this research departs from the importance of insulator maintenance as a vital component in maintaining the reliability of the extra-high voltage transmission system (SUTET). The method used is experimental by taking direct measurements on several randomly selected transmission towers in the field without shutting down the system. The measurement data is analyzed to determine the magnitude of the electric field and detect anomalies in the voltage distribution in each insulator piece. The measurement results showed that the highest electric field value was in the insulator chip closest to the voltage conductor, while the lowest value was found in the chip close to the tower structure. The non-linear distribution pattern of the electric field indicates a potential decline in insulator quality. The results of this study prove that the use of the Positron Insulator Tester is effective in detecting insulator conditions quickly and safely, so that it can be a reference in the preventive maintenance program of high-voltage transmission networks.*

Keywords: *Isolator, Electric Field, Positron Insulator Tester, SUTET 275 Kv*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan distribusi medan listrik pada isolator saluran transmisi 275 kV milik PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM) menggunakan alat Positron Insulator Tester. Latar belakang penelitian ini berangkat dari pentingnya pemeliharaan isolator sebagai komponen vital dalam menjaga keandalan sistem transmisi tegangan ekstra tinggi (SUTET). Metode yang digunakan bersifat eksperimental dengan melakukan pengukuran langsung pada beberapa tower transmisi yang dipilih secara acak di lapangan tanpa mematikan sistem. Data hasil pengukuran dianalisis untuk menentukan besarnya medan listrik dan mendeteksi adanya anomali pada distribusi tegangan di setiap keping isolator. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai medan listrik tertinggi berada pada keping isolator yang paling dekat dengan konduktor bertegangan, sedangkan nilai terendah terdapat pada keping yang dekat dengan struktur tower. Pola distribusi medan listrik yang tidak linier mengindikasikan adanya potensi penurunan kualitas isolator. Hasil studi ini membuktikan bahwa penggunaan Positron Insulator Tester efektif dalam mendeteksi kondisi isolator secara cepat dan aman, sehingga dapat menjadi acuan dalam program pemeliharaan preventif jaringan transmisi tegangan tinggi.

Kata kunci: Isolator, Medan Listrik, Positron Insulator Tester, SUTET 275 Kv

LATAR BELAKANG

Sistem transmisi tenaga listrik bertegangan ekstra tinggi (SUTET) berfungsi menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkitan ke pusat beban dengan efisiensi tinggi dan keandalan yang baik (Ihsan et al., 2023). Dalam sistem ini, isolator memegang peranan penting sebagai komponen

penyangga konduktor dan penghalang antara bagian bertegangan dengan struktur penyangga (Rachman, 2023). Kondisi isolator yang baik akan menjamin kestabilan sistem, sedangkan kerusakan atau degradasi pada isolator dapat menimbulkan gangguan serius seperti arus bocor, loncatan listrik, bahkan pemadaman (Ambabunga & Masiku, 2023). PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM) sebagai perusahaan pengelola jaringan transmisi 275 kV membutuhkan sistem pemantauan isolator yang akurat untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik ke pabrik peleburan aluminium di Kuala Tanjung.

Permasalahan umum yang sering terjadi pada isolator meliputi penuaan material, kontaminasi lingkungan, dan tegangan lebih akibat kondisi cuaca ekstrem. Metode pemeriksaan konvensional seperti inspeksi visual dan pengujian laboratorium dinilai kurang efisien karena memerlukan waktu lama serta berpotensi mengganggu operasi sistem. Oleh sebab itu, diperlukan metode yang mampu melakukan pengukuran kondisi isolator secara langsung tanpa memutus aliran listrik. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *Positron Insulator Tester*, alat pengukur medan listrik yang memungkinkan evaluasi kondisi isolator secara cepat dan aman pada kondisi *live-line*.

Kebaruhan dalam penelitian ini terletak pada penerapan metode pengukuran medan listrik menggunakan *Positron Insulator Tester* untuk menganalisis distribusi medan listrik pada isolator jaringan transmisi 275 kV milik PT. INALUM. Melalui analisis pola medan listrik, dapat diidentifikasi adanya anomali atau penurunan kualitas isolator secara lebih dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja isolator berdasarkan hasil pengukuran medan listrik serta menilai efektivitas penggunaan *Positron Insulator Tester* sebagai metode diagnostik preventif dalam pemeliharaan sistem transmisi bertegangan tinggi.

KAJIAN TEORITIS

1. Saluran Transmisi

Energi listrik merupakan kebutuhan vital bagi kehidupan manusia dan harus disalurkan secara efisien, ekonomis, serta berkesinambungan. Seiring meningkatnya populasi dan kemajuan teknologi, konsumsi energi listrik terus bertambah sehingga menuntut sistem penyaluran yang andal. Saluran transmisi berfungsi menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke pusat beban dengan tegangan tinggi untuk meminimalkan rugi daya selama proses penyaluran (Sujatmiko, 2020).

Berdasarkan konstruksinya, saluran transmisi dibagi menjadi dua jenis, yaitu

a. Saluran Udara (*Overhead Line*)

Saluran udara menggunakan konduktor yang digantung pada tower transmisi dengan bantuan isolator (Ginting et al., 2021). Saluran udara lebih ekonomis dan mudah dalam pemeliharaan.

b. Saluran bawah tanah (*Underground Cable*).

Saluran bawah tanah lebih aman dari gangguan lingkungan namun memiliki biaya yang lebih tinggi. Sedangkan saluran bawah tanah menggunakan kabel berisolasi yang ditanam di bawah tanah (Ginting et al., 2021).

2. Isolator pada Saluran Transmisi

Isolator merupakan bahan yang sulit menghantarkan arus listrik dan berfungsi menopang konduktor agar tidak terjadi kebocoran arus atau loncatan listrik (*flashover*) (Saris et al., 2020). Dalam jaringan SUTET, isolator bekerja sebagai media dielektrik yang memisahkan konduktor bertegangan dengan struktur penyangga (Rachman, 2023). Kemampuan dielektrik isolator menentukan kemampuannya menahan medan listrik dan tegangan tinggi yang bekerja. Secara

umum, fungsi utama isolator adalah menjaga jarak antar konduktor, menahan beban mekanis akibat gaya tarik, dan membatasi bagian bertegangan terhadap struktur penyangga. Jenis isolator berdasarkan konstruksi dibagi menjadi:

a. Isolator Pasak (*Pin Type*)

Digunakan pada sistem distribusi dan gardu induk, berbentuk silinder tegak yang menahan konduktor di atas penyangga. Memiliki kekuatan mekanis tinggi dan cocok untuk tegangan menengah hingga tinggi (Marsudi et al., 2016).

b. Isolator Gantung (*Suspension Type*)

Berbentuk piringan atau cakram yang disusun seri membentuk rantai. Digunakan pada saluran transmisi tegangan tinggi untuk menopang konduktor yang tergantung di menara.

c. Isolator Tarik (*Strain Type*)

Dirancang menahan gaya tarik tinggi pada belokan atau ujung saluran. Biasanya terdiri dari beberapa unit isolator cakram yang disusun seri untuk meningkatkan ketahanan mekanis.

Jenis Isolator Berdasarkan Bahan :

a. Isolator Porselen

Terbuat dari campuran *china clay*, kuarsa, dan feldspar yang dibakar hingga keras dan dilapisi glasir. Memiliki kekuatan mekanis dan dielektrik yang tinggi, tahan terhadap kelembapan, dan awet (Marsudi et al., 2016). Namun, berat, mudah pecah, serta rentan terhadap polusi dan porositas bila pembuatannya tidak sempurna.

b. Isolator Gelas

Dibuat dari campuran silika, borat, dan oksida logam. Memiliki kekuatan dielektrik tinggi, koefisien muai rendah, dan mudah dideteksi keretakan karena transparan (Marsudi et al., 2016). Kelemahannya ialah mudah berembun, rentan pecah, serta kekuatan dielektriknya menurun akibat perubahan suhu.

c. Isolator Polimer

Terbuat dari bahan sintetis seperti resin epoksi atau silikon dengan bobot ringan dan kekuatan dielektrik tinggi (Arya, 2020). Tahan terhadap cuaca ekstrem dan pemasangannya mudah. Namun, kekuatan mekanisnya relatif rendah dan lebih sulit dideteksi kerusakannya dibanding isolator konvensional.

3. Medan Listrik pada Isolator

Medan listrik pada isolator merupakan distribusi gaya listrik yang timbul akibat perbedaan potensial antara konduktor bertegangan tinggi dan tanah. Isolator berfungsi memisahkan bagian bertegangan dengan struktur penyangga untuk mencegah arus bocor, pelepasan muatan parsial, serta korona yang dapat menurunkan keandalan sistem tenaga listrik (Nurhakim et al., 2021). Hubungan antara medan listrik dan beda potensial dinyatakan dengan persamaan:

$$E = -\frac{dV}{dL}$$

Dengan keterangan:

E : Intensitas medan listrik (V/m)

V : Beda potensial listrik (V)

L : Jarak atau panjang lintasan dalam perubahan potensial (m)

di mana tanda negatif menunjukkan arah medan dari potensial tinggi ke rendah.

Distribusi medan listrik pada permukaan isolator bergantung pada bentuk geometri, permitivitas bahan, dan kondisi lingkungan (Jia et al., 2023). Isolator porselen cenderung menghasilkan distribusi medan yang lebih merata dibanding isolator polimer karena memiliki kekuatan dielektrik lebih tinggi. Selain itu, tipe pemasangan juga berpengaruh isolator gantung umumnya memiliki distribusi tegangan yang lebih seragam dibanding isolator tarik yang menerima pengaruh kapasitansi ke tanah lebih besar.

Faktor lain seperti tegangan operasi, bentuk elektroda, kontaminasi udara, serta kelembapan turut memengaruhi besarnya medan listrik di permukaan isolator. Daerah dengan intensitas medan tertinggi biasanya berada pada keping terdekat dengan konduktor bertegangan (Eng, 2015). Distribusi medan yang linier menunjukkan kondisi isolator normal, sedangkan penurunan nilai mendadak pada salah satu keping mengindikasikan adanya degradasi atau kerusakan isolator yang berpotensi menimbulkan gangguan sistem transmisi.

4. Positron Insulator Tester

Positron Insulator Tester merupakan alat ukur portabel yang dirancang untuk mendeteksi distribusi medan listrik dan kondisi isolator pada saluran transmisi bertegangan tinggi tanpa perlu mematikan sistem (*live-line condition*) (*Positron Insulator Testers for High Voltage Live Line Testing*, 2021). Alat ini bekerja berdasarkan prinsip induksi elektrostatik, yaitu pendeteksian perubahan medan listrik yang dihasilkan oleh konduktor bertegangan terhadap permukaan isolator (Transmission & Lines, 2021). Dengan sensor elektrostatik beresolusi tinggi, alat ini mampu mengukur intensitas medan listrik secara akurat pada setiap keping isolator dalam satu rangkaian.

Perangkat ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- a. Sensor elektrostatik, berfungsi menangkap medan listrik di sekitar permukaan isolator.
- b. Unit pemroses sinyal (signal processor), mengubah sinyal analog dari sensor menjadi data digital yang dapat dianalisis.
- c. Unit tampilan dan penyimpanan data, menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk grafik linear atau logaritmik serta menyimpan hasil pengukuran untuk evaluasi lebih lanjut.
- d. Stik isolasi dan alat keselamatan kerja, digunakan untuk memastikan operator aman selama pengukuran dilakukan pada jaringan yang masih bertegangan.



Gambar 1. Tampilan Positron Insulator Tester
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Dalam praktiknya, pengukuran dilakukan dengan menggeser sensor secara perlahan dari arah tower menuju konduktor untuk merekam nilai medan listrik pada setiap keping isolator. Hasil pengukuran kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak khusus untuk menentukan pola distribusi medan listrik. Kondisi normal ditunjukkan oleh pola kenaikan medan listrik secara bertahap dari keping dekat tower ke arah konduktor. Sebaliknya, penurunan tajam pada salah satu

titik menunjukkan adanya anomali seperti keretakan, kontaminasi, atau degradasi permukaan isolator.

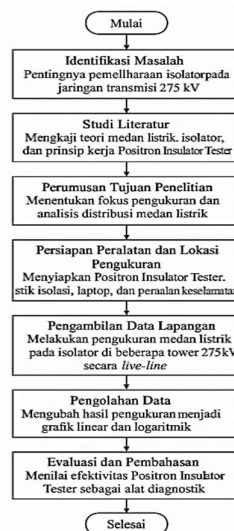
Keunggulan *Positron Insulator Tester* dibanding metode konvensional adalah kemampuannya melakukan pengukuran dengan cepat, aman, dan tanpa gangguan terhadap sistem operasi. Selain itu, alat ini dapat digunakan untuk membandingkan performa isolator dari waktu ke waktu, sehingga sangat berguna dalam sistem pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*). Penerapan alat ini di PT. INALUM terbukti efektif dalam mendeteksi dini potensi gangguan isolator pada jaringan transmisi 275 kV dan mendukung peningkatan keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan pengukuran langsung di lapangan pada jaringan transmisi 275 kV milik PT. Indonesia Asahan Aluminium (INALUM). Pengukuran dilakukan pada beberapa tower transmisi yang dipilih secara acak untuk mendapatkan data medan listrik pada isolator menggunakan alat *Positron Insulator Tester*. Metode ini dipilih karena mampu melakukan evaluasi kondisi isolator dalam keadaan sistem beroperasi tanpa perlu pemadaman jaringan (*live-line test*).

Proses pengambilan data dilakukan dengan menempatkan sensor *Positron Insulator Tester* pada rangkaian isolator dan menggesernya sepanjang susunan keping isolator untuk merekam intensitas medan listrik. Data hasil pengukuran berupa grafik linear dan logaritmik yang menunjukkan distribusi medan listrik pada setiap keping isolator. Pengukuran dilakukan oleh tim Transmission Line (PCT-TL) PT. INALUM dengan memperhatikan standar keselamatan kerja dan prosedur operasi jaringan tegangan tinggi.

Tahap analisis dilakukan dengan meninjau pola distribusi medan listrik dari data hasil pengukuran. Distribusi medan listrik yang linier menunjukkan isolator dalam kondisi normal, sedangkan adanya penurunan tajam pada salah satu keping menunjukkan potensi gangguan atau degradasi isolator. Hasil analisis ini digunakan untuk menilai keefektifan *Positron Insulator Tester* sebagai instrumen diagnostik lapangan dalam program pemeliharaan preventif jaringan transmisi tegangan tinggi di PT. INALUM.

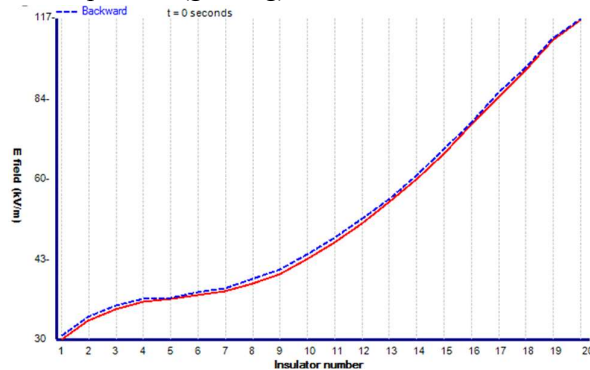


Gambar 2. Flowchart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengukuran Medan Listrik

Hasil pengukuran medan listrik pada isolator dengan menggunakan *Positron Insulator Tester* berbentuk grafik yang kemudian akan dibaca langsung oleh operator dengan bantuan software yang ada. Pengukuran ini dilakukan pada 5 buah tower dari total 271 tower milik PT. INALUM. Gambar 3. 14 berikut merupakan salah satu grafik pengukuran medan listrik pada isolator dengan menggunakan *Positron Insulator Tester* pada tower 101 dengan label konduktor 1L fasa T dan tipe tower suspension (gantungan).



Gambar 3. Hasil Pengukuran Medan Listrik Tower 101
(Sumber: *Positron Insulator Tester*)

Pada Gambar 3 sisi horizontal merupakan jumlah keping isolator yang telah diukur medan listriknya menggunakan *Positron Insulator Tester*, sedangkan sisi vertikal adalah besar medan listrik yang terukur dalam satuan kV/m. Kemudian di gambar grafik juga kita lihat bahwasannya ada dua garis yaitu yang berwarna merah dan biru. Warna merah merupakan forward yang menandakan pengukuran pertama ketika operator mendorong alat manju ke depan, sedangkan biru merupakan backward yang merupakan pengukuran kedua ketika operator menarik alat mundur mendekati ke operator. Grafik ini merupakan tipe grafik Linear dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Positron Insulator Tester*. Dari grafik juga dapat kita lihat bahwasannya isolator dengan nomor 20 memiliki nilai medan listrik yang paling besar yaitu 117 kV/m. Hal ini karena isolator nomor besar adalah isolator yang dekat dengan konduktor yang bertegangan yang mengakibatkan nilai medan listrik jauh lebih besar dibandingkan dengan keping isolator yang dekat dengan bodi tower.

2. Data Hasil Pengukuran Medan Listrik

Berdasarkan hasil pengukuran medan listrik pada isolator menggunakan *Positron Insulator Tester* pada lima buah tower secara acak maka didapatkan data hasil pengukuran seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Medan Listrik pada Isolator

Nomor Tower	Tipe Tower	Label Line	Fasa	Penamaan Isolator	Medan Listrik (kV/m)
01	Tower <i>Tension</i>	1 L	R	OL In	57
		1 L	R	OL Out	57
		1 L	R	Y In	56
		1 L	R	Y Out	61
		1 L	S	OL In	55
		1 L	S	OL Out	57

*Studi Eksperimental Pengukuran Medan Listrik pada Isolator Transmisi 275 kV
PT. INALUM Menggunakan Positron Insulator Tester*

Nomor Tower	Tipe Tower	Label Line	Fasa	Penamaan Isolator	Medan Listrik (kV/m)
06	Tower Suspension	1 L	S	Y In	51
		1 L	S	Y Out	57
		1 L	T	OL In	40
		1 L	T	OL Out	49
		1 L	T	Y In	51
		1 L	T	Y Out	53
		2 L	R	OL In	52
		2 L	R	OL Out	53
		2 L	R	Y In	52
		2 L	R	Y Out	53
		2 L	S	OL In	55
		2 L	S	OL Out	56
		2 L	S	Y In	57
		2 L	S	Y Out	58
		2 L	T	OL In	52
		2 L	T	OL Out	53
		2 L	T	Y In	54
		2 L	T	Y Out	55
		1 L	R		53
		1 L	S		52
46	Tower Suspension	1 L	T	-	53
		2 L	R		53
		2 L	S		52
		2 L	T		53
		1 L	R		43
		1 L	S		55
101	Tower Suspension	1 L	T	-	53
		2 L	R		46
		2 L	S		55
		2 L	T		53
		1 L	R		51
		1 L	S		58
131	Tower Suspension	1 L	T	-	58
		2 L	R		59
		2 L	S		64
		2 L	T		61
		1 L	R		55
		1 L	S		56
131	Tower Suspension	1 L	T	-	56
		2 L	R		51
		2 L	S		55
		2 L	T		56

3. Pembahasan

Hasil pengukuran dari lima tower yang dijadikan sampel ditampilkan pada Tabel 1 Nilai medan listrik yang diperoleh berkisar antara 40 kV/m hingga 64 kV/m. Tower yang diuji terdiri dari berbagai tipe, seperti tower tension dan tower suspension, serta pada ketiga fasa sistem tiga fasa (R, S, T). Berdasarkan data tersebut, terdapat beberapa temuan penting:

- a. Distribusi Medan Listrik Konsisten, pada tower-tower dengan kondisi isolator yang baik (normal), nilai medan listrik cenderung meningkat dari bagian isolator yang dekat dengan tower menuju bagian yang dekat dengan konduktor, mengikuti pola distribusi tegangan yang logis dan linier. Hal ini sejalan dengan teori medan listrik pada isolator yang menyebutkan bahwa medan listrik akan lebih tinggi pada ujung isolator yang lebih dekat dengan konduktor bertegangan tinggi.
- b. Variasi Nilai Medan Listrik, beberapa hasil menunjukkan adanya variasi nilai medan listrik pada fasa atau posisi tertentu, contohnya pada Tower 01 tipe Tension, medan listrik pada dengan label konduktor 1L, fasa T, sisi Y In memiliki medan listrik sebesar 51 kV/m, sementara pada label konduktor 1L, fasa T, sisi Y Out memiliki medan listrik lebih tinggi sebesar 53 kV/m. Hal ini terjadi karena sisi In merupakan isolator yang dekat dengan bodi tower sehingga memiliki nilai medan listrik yang lebih kecil, dibandingkan sisi Out dekat dengan konduktor bertegangan tinggi. Kemudian perbedaan fasa juga mempengaruhi nilai medan listrik karena letak fasa di tower berpengaruh terhadap nilai medan listrik.
- c. Perbandingan Antar Tipe Tower, tower dengan tipe suspension umumnya menunjukkan nilai medan listrik yang lebih seragam antar fasa, misalnya pada Tower 06 dan Tower 131, seluruh fasa menunjukkan kisaran medan antara 52 kV/m hingga 56 kV/m, mengindikasikan distribusi tegangan yang merata. Ini sesuai dengan teori bahwa isolator gantung (suspension) memiliki distribusi tegangan lebih merata dibanding isolator tipe tarik (tension), karena orientasi vertikal dan efek kapasitansi yang lebih kecil terhadap ground.
- d. Toleransi Operasional, berdasarkan spesifikasi desain isolator porselen yang digunakan, nilai medan listrik hingga sekitar 60–65 kV/m masih berada dalam batas toleransi kerja normal. Namun, nilai yang terlalu rendah atau terlalu tinggi secara signifikan dibanding rata-rata pada satu string isolator harus menjadi perhatian dan dianalisis lebih lanjut melalui inspeksi fisik atau pengukuran ulang.

Hasil pengukuran medan listrik pada isolator porselen menunjukkan rentang nilai antara 40 kV/m hingga 64 kV/m. Nilai tersebut umumnya masih berada dalam batas operasional yang aman dan terdapat beberapa variasi nilai medan listrik sesuai dengan tipe tower.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan kegiatan kerja praktik industri di PT. INALUM Unit PLTA Siguragura Paritohan dan Subseksi Transmission Line (PCT-TL), serta hasil pengukuran medan listrik menggunakan *Positron Insulator Tester* pada jaringan SUTET 275 kV, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a. Jaringan transmisi 275 kV PT. INALUM menggunakan isolator porselen tipe gantung dan tarik yang berfungsi menjaga keandalan penyaluran daya dari PLTA Siguragura ke pabrik peleburan aluminium di Kuala Tanjung.

- b. Pengukuran medan listrik dilakukan secara *live-line* menggunakan *Positron Insulator Tester* dengan metode *Vertical String* untuk tower *suspension* dan *V String* untuk tower *tension* tanpa memutus suplai daya.
- c. Hasil pengukuran menunjukkan nilai medan listrik antara 40–64 kV/m yang masih dalam batas aman, dengan variasi sesuai tipe tower dan kondisi lingkungan.
- d. *Positron Insulator Tester* terbukti efektif mendeteksi anomali medan listrik secara cepat, aman, dan akurat untuk mendukung pemeliharaan preventif jaringan transmisi.

2. Saran

Disarankan agar pengukuran medan listrik dilakukan secara berkala untuk memantau kondisi isolator, terutama pada titik dengan nilai ekstrem. Selain itu, diperlukan peningkatan pelatihan teknisi dalam penggunaan alat serta kesadaran akan pentingnya keselamatan dan pemeliharaan sistem transmisi tegangan tinggi.

DAFTAR REFERENSI

- Ambabunga, Y. M., & Masiku, H. (2023). Analisis Kerusakan Isolator Saluran Transmisi Tegangan Tinggi Akibat Pengaruh Polutan (Kondisi Kering dan Basah). *Journal Dynamic Saint*, 6(2), 7–12. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v6i2.1369>
- Arya, E. H. (2020). Analisa Medan Listrik pada Isolator Suspension dengan Berbagai Tingkat Kontaminasi Buatan. *Jurnal Sainstek*, 4(1), 27–34.
- Eng, C. J. P. (2015). *High Voltage Insulator Tester Paper Presented at 2015 INMR World Congress Conference. September.*
- Ginting, Y. T., Napitupulu, J., & Sormin, D. (2021). Studi Pengaruh Pepohonan Terhadap Paparan Medan Elektromagnetik Jaringan Transmisi. *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA Volume 10, Nomor 1, 10*, 1–8.
- Ihsan, A., Erhaneli, E., & Anthony, Z. (2023). Analisis Pengaruh Jarak Antar Fasa Terhadap Rugi Korona pada Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 275 kV. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 158–165. <https://doi.org/10.23917/emitor.v22i2.22805>
- Jia, J., Wang, M., Dai, Y., Zhang, H., Gao, S., & Wang, S. (2023). Research on Simulation and Detection of Space Electric Field Distribution of Deteriorated Insulators in Three-Phase Over-Head Transmission Lines. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 23(3), 1451–1466. <https://doi.org/10.3233/JCM-226658>
- Marsudi, D., Generator, P., & Tobing, B. (2016). Peralatan Tegangan tinggi. *Pembangkitan Energi Listrik*, 7(1), 4–31.
- Nurhakim, A. A., Ikhsan, R., & Rasyid, A. (2021). Model Distribusi Potensial Listrik dan Medan Listrik pada Isolator Porselen Tegangan Menengah 20 kV Berbasis FEM. *Edu ElektriKA Journal*, 10(2), 42–46. <https://journal.unnes.ac.id>
- Positron Insulator Testers for High Voltage Live Line Testing.* (2021). <http://www.positronpower.com/files/Positron-Insulator-Testers.pdf>
- Rachman, F. A. (2023). *Analisis Persebaran Medan Listrik pada Isolator Pin dengan Tegangan 10 kV Sampai 20 kV.* 1–15.
- Saris, H. B., Hermawan, & Syakur, A. (2020). Simulasi Distribusi Tegangan dan Medan Listrik pada Isolator Suspensi 20 kV 3 Sirip dengan 4 Tipe Ukuran Sirip. *Transient*, 1(4), 218–225.
- Sujatmiko, H. (2020). *Analisis Kerugian Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV Di PT. PLN (Persero) Penyaluran & Pusat Pengaturan Beban (P3b) Jawa Bali Regional Jawa Tengah & DIY Unit Pelayanan Transmisi Semarang.* 1(1), 33–52.
- Transmission, F. E., & Lines, D. (2021). *Positron Porcelain Disc Insulator Tester For Energized Transmission and Distribution Lines.* 3–4.