

INVESTIGASI EKSPERIMENTAL KEKUATAN DIELEKTRIK ISOLATOR PADA SALURAN TRANSMISI 150 KV KOTO PANJANG – PAYAKUMBUH

Magvira Apriliana Azzahra^{1*} dan Yusreni Warmi²

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang

Jln. Gajah Mada, Jl. Kandis Raya, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat 25173.

*Email: 2018310001.magvira@itp.ac.id

Abstrak

Saluran transmisi 150 kV Koto Panjang – Payakumbuh memiliki panjang saluran 86 km dengan jumlah menara 248, diantaranya terdapat 63% tower pada lingkungan perbukitan dengan jumlah flashover 82%, 20% tower berada di lingkungan sawah dengan jumlah flashover 16%, dan 16% tower terletak di lingkungan gurun dengan jumlah flashover 2%. Posisi tower biasanya berpengaruh terhadap flashover yang terjadi pada isolator. Selain itu faktor lain yang mempengaruhi terjadinya flashover pada isolator adalah aktivitas petir yang tinggi, tahanan kaki menara yang besar, panjang span dan panjang gap arcing horn yang berbeda-beda, serta kondisi lingkungan sekitar isolator yang menyebabkan kontaminasi pada permukaan isolator. Lapisan kontaminan di permukaan isolator disebabkan oleh polutan yang berterbangan di udara dimana lapisan tersebut dapat berubah menjadi konduktor apabila terkena kelembaban, hujan, dan kabut. Hal tersebut merupakan langkah awal terciptanya flashover pada permukaan isolator. Untuk meminimalisir terjadinya flashover maka dapat dilakukan analisa tentang jenis kontaminan yang terdapat pada permukaan isolator. Analisa yang dilakukan yaitu menguji nilai kekuatan dielektrik pada isolator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa lumut merupakan kontaminan pada permukaan isolator yang mengakibatkan isolator mudah terkena flashover yang dibuktikan dengan terjadinya flashover sebelum mencapai BIL. Berdasarkan hasil pengujian pada gambar dapat dilihat bahwa kekuatan dielektrik isolator berkurang sebesar 83,73%. Pada saat pengujian XRD didapatkan kandungan kontaminan yang mengandung Silicon Oxide dengan score 26 jadi kandungan kontaminan berpengaruh terhadap terjadinya penurunan kekuatan dielektrik isolator.

Kata kunci: eksperimen, flashover, kontaminan

1. PENDAHULUAN

Saluran transmisi 150 kV Koto Panjang – Payakumbuh memiliki panjang saluran 86 km dengan jumlah menara 248 menara, diantaranya terdapat 63% tower pada lingkungan perbukitan dengan jumlah flashover 82%, 20% tower berada di lingkungan sawah dengan jumlah flashover 16%, dan 16% tower terletak di lingkungan gurun dengan jumlah flashover 2% (Warmi dan Viyoldi, 2019)(Warmi dan Ismail, 2018)(Warmi dan Febrian, 2021). Posisi tower biasanya berpengaruh terhadap flashover yang terjadi pada isolator. Selain itu aktivitas petir yang tinggi, tahanan kaki menara yang besar, dan panjang span serta panjang gap arcing horn yang berbeda-beda juga berpengaruh terhadap terjadinya flashover pada isolator tersebut (Warmi dan Ismail, 2018). Aktivitas petir yang tinggi dibuktikan oleh nilai kerapatan petir (IKL: *Isokeraunic Level*) sebesar 174 hari per tahun.

Untuk mengurangi nilai flashover yang terjadi pada isolator, beberapa cara dapat dilakukan, seperti mengurangi nilai tahanan kaki menara dengan standar nilai tahanan pentanahan kaki menara 10 ohm (Ω) dan standar jumlah gangguan 13 kali per 100 km per tahun (Dewi dkk., 2022). Mengatur panjang gap arcing horn 1.3 m pada isolator kering dan 0.9 m pada isolator basah untuk mendapatkan tegangan isolator minus 10% dari BIL (*Basic Insulation Level*) (Warmi dan Viyoldi, 2019). Hal tersebut diharapkan dapat mengurangi terjadinya flashover pada isolator.

Setelah dilakukan perbaikan nilai tahanan kaki menara dan perbaikan Panjang gap arcing horn, faktor lain yang mempengaruhi terjadinya flashover pada isolator adalah kondisi lingkungan sekitar isolator yang menyebabkan kontaminasi pada permukaan isolator. Lapisan kontaminan di permukaan isolator disebabkan oleh polutan yang berterbangan di udara, dimana lapisan tersebut dapat menjadi konduktor apabila terkena kelembaban, hujan, dan kabut. Hal tersebut merupakan langkah awal yang sangat mudah untuk terciptanya flashover pada permukaan isolator (Salem; dkk., 2021).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, hal pertama yang dapat dilakukan untuk meminimalisir terjadinya *flashover* pada permukaan isolator adalah melakukan pengkajian tentang jenis kontaminan yang terdapat pada permukaan isolator. Semakin tinggi tingkat *flashover* yang terjadi pada isolator, maka semakin berkurang daya tahan kekuatan dielektrik pada isolator tersebut. Oleh sebab itu penambahan ketebalan nilai *coating* merupakan suatu alternatif untuk mencegah terjadinya *flashover* pada permukaan isolator tersebut. Untuk saluran transmisi 150 kV Koto Panjang – Payakumbuh, isolator yang digunakan adalah isolator keramik dengan lapisan glasier yang terdiri dari bahan silika (SiO_2), feldspar, kapur (CaCO_3), kaolin, Zinc Oxide, dan Rutile yang memiliki ketebalan nilai *coating* 0,35 mm – 0,4 mm dengan BIL (*Basic Insulation Level*) sebesar 1,21 – 1,27 MV (Warmi dan Febrian, 2021).

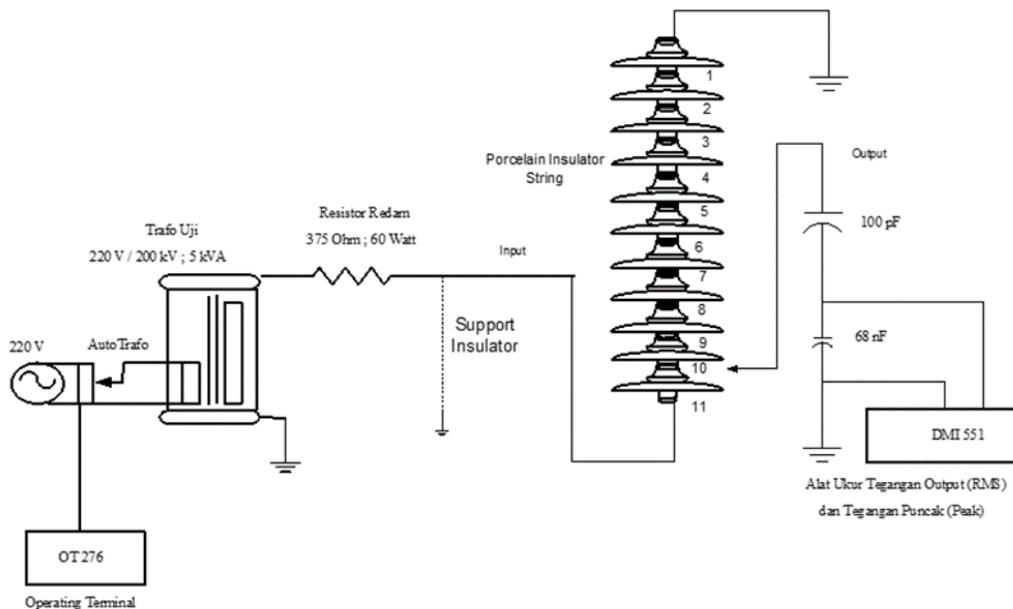
Faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pembentukan lapisan kontaminan pada permukaan isolator, hal tersebut merupakan salah satu penyebab terjadinya *flashover* pada isolator. Untuk itu perlu dilakukan pengkajian terhadap jenis kontaminan apa yang paling berpengaruh dalam pembentukan *flashover* pada isolator. Eksperimen kekuatan dielektrik isolator dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekuatan dielektrik yang terdapat pada isolator yang terkontaminasi.

2. METODOLOGI

2.1. Penulisan Persamaan

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu metode penelitian yang dilakukan untuk mencari pengaruh kontaminan berupa lumut dan debu pada isolator terhadap tegangan tembus yang akan terjadi pada isolator.

2.2. Rangkaian Eksperimen



Gambar 1. Rangkaian percobaan

2.3. Tahapan Eksperimen

Langkah-langkah tahapan eksperimen:

a. Peralatan yang digunakan dalam melaksanakan eksperimen:

1. Trafo uji dengan perbandingan belitan 220 V/100 kV. Daya 5 kVA
2. Auto Trafo
3. Resistor peredam
4. Kapasitor pengukuran tegangan AC, 100pF
5. Alat ukur tegangan AC (multimeter)
6. Osiloskop

7. Kabel *input*, kabel *output*, dan kabel *grounding*
8. Isolator tegangan tinggi 150 kV yang akan diuji
9. MCB

b. Variabel yang akan diuji yaitu sebagai berikut:
Pengujian tegangan tembus dilakukan pada isolator berlumut.

c. Spesifikasi Alat

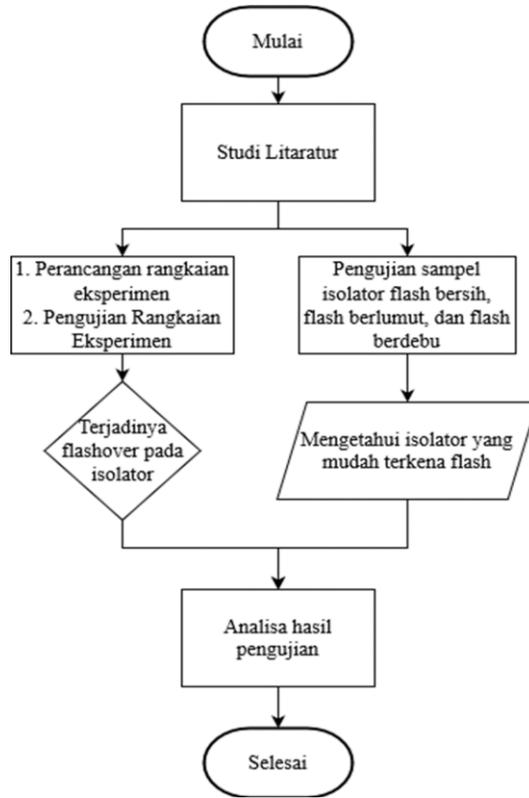
Tabel 1. Spesifikasi isolator

Insulators Code Material	11 porcelain suspension insulators
BIL	1,21 MV
Diameter (D) cm	25,4
Total panjang m	1,6 – 1,87

d. Langkah kerja

1. Susun peralatan seperti gambar di atas
2. Periksa rangkaian pentanahan dan trafo.
3. Pastikan discharge rod telah dilepas dari rangkaian dan pintu sangkar faraday telah terkunci.
4. Pasang jepitan pada titik ketujuh
5. Hidupkan multimeter dengan menekan tombol power.
6. Setting pada osiloskop:
Set Channel 1 pada Maximum
Set pada measurement Math 1 : maksimum
Math : ch1*676
7. Tekan tombol Run
8. Pindahkan posisi MCB ke posisi ON
9. Atur tegangan pada regulator hingga terbaca pada multimeter dengan *input* sebesar 10 V
10. Catat nilai tegangan maksimum yang tampil pada osiloskop
11. Pindahkan posisi MCB ke posisi *OFF*, turunkan tegangan pada regulator
12. Ulangi percobaan untuk titik penjepitan titik enam hingga titik satu.
13. Sebelum memndahkan titik jepitan, pastikan rangkaian di *ground* terlebih dahulu.

2.4. Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flow Chart



Gambar 3. Pengujian tegangan tembus isolator berlumut

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Eksperimen Tegangan Tembus

Pada saat melakukan penelitian, isolator yang digunakan untuk pengujian tegangan tembus yaitu isolator yang terdapat di lapangan dengan kondisi sebagian permukaan isolator sudah tertutupi oleh lumut. Isolator berlumut ini sudah digunakan di lapangan sekitar 2 – 5 tahun pemakaian. Selain itu, ketika melakukan pengujian jumlah isolator yang diuji tidak sesuai dengan rangkaian percobaan pada gambar 1. Hal tersebut terjadi karena adanya beberapa keterbatasan alat yang digunakan seperti keterbatasan trafo yang tidak mampu menaikkan tegangan sebesar 150 kV untuk satu string isolator, kabel-kabel yang digunakan tidak sesuai dengan kegunaan yang seharusnya, dan keterbatasan pembacaan nilai tegangan yang terdapat pada osiloskop. Jadi pengujian yang dilakukan hanya menggunakan tiga piring isolator dengan jumlah rantai isolator sebanyak lima piring yang ditunjukkan oleh gambar 2 berikut ini.

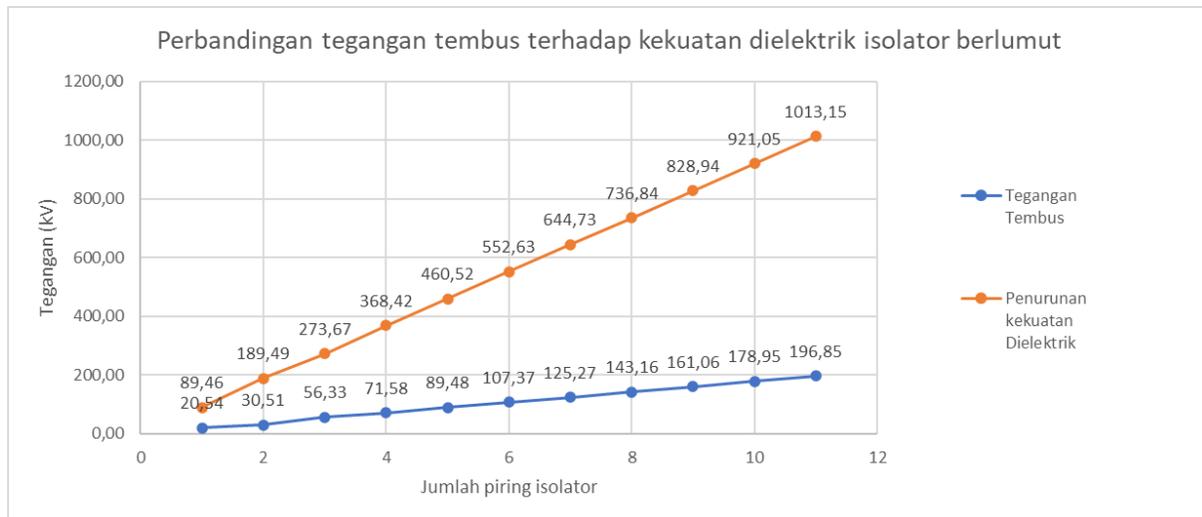
Pengujian yang ditunjukkan oleh gambar 2 merupakan pengujian isolator yang dilakukan secara bertahap dari piring pertama sampai piring ketiga dengan menggunakan tegangan uji yang sama pada setiap piring yaitu 78,82 kV. Sedangkan untuk hasil pengujian piringan isolator berikutnya dilakukan dengan menganalisa nilai trend dari tiga piringan yang telah diuji. Untuk hasilnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil pengujian tegangan tembus isolator berlumut

BIL (kV)	Jumlah Piringan Isolator	Prediksi Tegangan Tembus (kV)	Penurunan Kekuatan Dielektrik (kV)	BIL 1%	Penurunan Kekuatan Dielektrik (%)
110	1	20,54	89,46	1,1	81,33
220	2	30,51	189,49	2,2	86,13
330	3	56,33	273,67	3,3	82,93
440	4	71,58	368,42	4,4	83,73
550	5	89,48	460,52	5,5	83,73
660	6	107,37	552,63	6,6	83,73
770	7	125,27	644,73	7,7	83,73
880	8	143,16	736,84	8,8	83,73
990	9	161,06	828,94	9,9	83,73
1100	10	178,95	921,05	11	83,73
1210	11	196,85	1013,15	12,1	83,73

Berdasarkan Tabel 2 , maka diperoleh grafik perbandingan nilai hasil pengukuran tegangan tembus dengan penurunan kekuatan dielektrik pada isolator. Pengujian tegangan tembus hanya bisa dilakukan menggunakan 3 piring isolator sedangkan untuk pengujian piring isolator yang berikutnya yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari gambar 3 dilihat bahwa jumlah piring isolator yang diuji berpengaruh terhadap nilai tegangan tembus dan nilai kekuatan dielektrik pada isolator. Semakin banyak jumlah piring isolator yang diuji, maka semakin tinggi nilai tegangan tembus yang terjadi. Begitu juga dengan penurunan nilai kekuatan dielektriknya yang semakin tinggi yang disebabkan oleh nilai BIL satu string isolator yang besar 1210 kV. Penurunan nilai kekuatan dielektrik yang terjadi sebesar 83,73% per isolator.



Gambar 3. Hasil pengujian tegangan tembus isolator berlumut

3.2. Hasil Pengukuran XRD

Pengujian XRD dilakukan dengan menguji tiga sampel uji yaitu sampel isolator *flash* bersih, *flash* berlumut, dan *flash* berdebu. Cara pengujiannya dilakukan dengan menguji masing-masing sampel secara satu persatu. Pengujian sampel dilakukan kurang lebih selama 30 menit untuk ketiga sampel. Setelah itu hasil pengujiannya akan terbaca langsung oleh komputer yang terhubung dengan alat X-RAY *DIFFRACTOMETER* (XRD). Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengujian tegangan tembus isolator berlumut

Rumus Kimia	Nama Senyawa	Nilai <i>Flash</i>		
		Flash Bersih	Flash Lumut	Flash Debu
Ca0.2 Sr0.8	Calcium Strontium	0	3	2
Si O2	Silicon Oxide	0	26	6
Al2 Si2 O5 (O H)4	Aluminum Silicate	1	3	1
Al2 O3	Aluminum Oxide	0	1	1

Dari tabel 3 dapat diperoleh bahwa hasil jumlah nilai *flash* yang terjadi pada kandungan senyawa yang terdapat dalam isolator *flash* bersih, *flash* berlumut, dan *flash* berdebu dapat diurutkan dari kandungan senyawa yang terbaik dari bahan isolator yang berfungsi untuk mengurangi terjadinya *flash* pada permukaan isolator. Urutannya yaitu Aluminum Oxide karena nilai *flash* berlumut 1, nilai *flash* berdebu 1, dan nilai *flash* bersih 0, Aluminum Silicate, karena nilai *flash* berlumut 3, nilai *flash* berdebu 1, dan nilai *flash* bersih 1, Calcium Strontium karena nilai *flash* berlumut 3, nilai *flash* berdebu 2, dan nilai *flash* bersih 0, Silicon Oxide karena nilai *flash* berlumut 26, nilai *flash* berdebunya 6, dan nilai *flash* bersihnya 0

Jadi dapat disimpulkan bahwa senyawa Silicon Oxide merupakan senyawa pemicu terjadinya *flash* pada isolator dalam keadaan berlumut karena memiliki nilai *flash* yang tinggi yaitu 26 cts.

4. KESIMPULAN

Dari hasil Analisa penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa lumut merupakan kontaminan yang berpengaruh terhadap terjadinya tegangan tembus pada isolator karena tingginya nilai penurunan kekuatan dielektrik isolator yang terjadi yaitu 83,73% per isolator. Selain itu, pengujian XRD juga membuktikan bahwa lumut berpengaruh terhadap terjadinya tegangan tembus pada isolator karena mengandung senyawa Silicon Oxide yang tinggi yaitu 26 cts.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi dkk., (2022) 'STUDI PENGARUH BACKFLASHOVER PADA SALURAN TRANSMISI 150 kV PAYAKUMBUH - KOTO PANJANG', *Ensiklopedia*, 4(3), pp. 304–312.
- Salem, A. A.; dkk. (2021) 'Pollution Flashover Under Different Contamination Profiles on High Voltage Insulator: Numerical and Experiment Investigation', *IEEE Access*, 9, pp. 37800–37812. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3063201.
- Warmi, Y. dan Febrian, K. (2021) 'Analisis Variasi Ketebalan Coating Senyawa Glasir terhadap Daya Tahan Dielektrik Isolator Keramik Saluran Transmisi 150 kV', *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(2), p. 249. doi: 10.26760/elkomika.v9i2.249.
- Warmi, Y. dan Ismail, F. (2018) 'Perbaikan Desain Proteksi Petir Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh -Koto Panjang', *Teknik Elektro ITP*, 7(1).
- Warmi, Y. dan Viyoldi, T. O. (2019) 'Analisa Pengaruh Panjang Gap Arcing Horn Terhadap Jumlah Trip-out Pada Saluran Transmisi 150 kV Payakumbuh – Koto Panjang', 8(2), pp. 82–86.