

Pengaruh Kontaminasi Polutan Asap Kendaraan Terhadap Tegangan *Flashover* Isolator Porselen menggunakan Metode *Slow Rate of Rise Test*

Wanda Mulyaningsih Putri¹, Aripin², Rian Nurdiansyah³

^{1,2,3}*Program Studi Teknik Elektro – Universitas Siliwangi
Alamat Afiliasi*

¹207002020@student.unsil.ac.id

²aripin@unsil.ac.id

³riannurdiansyahovi@gmail.com

Abstrak— Isolator berperan penting dalam menjaga kestabilan dan keandalan sistem jaringan listrik. Pada kondisi lapangan kontaminasi polutan seperti asap kendaraan pada permukaan isolator dapat mengurangi kekuatan dielektrik dan meningkatkan resiko terjadinya flashover pada isolator, terlebih kondisi basah memperburuk kondisi ini. Karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kontaminasi dan variasi massa polutan asap kendaraan terhadap tegangan flashover isolator. Isolator yang digunakan adalah isolator porselen jenis pasak, dengan polutan berupa jelaga asap kendaraan yang diambil dari knalpot sepeda motor dan variasi massa polutan yang diuji adalah 1, 2, 3, 5, 7, dan 9 g. Proses kontaminasi isolator oleh polutan menggunakan standar IEC 60815-1, dilakukan dengan cara mencampurkan polutan dan 50 ml air aquades lalu mengoleskannya pada permukaan isolator secara merata menggunakan kuas. Pengujian tegangan flashover dilakukan pada kondisi isolator basah dan kering menggunakan tegangan tinggi AC melalui metode *Slow Rate of Rise Test*. Isolator porselen bersih memiliki tegangan flashover 79,49 kV kondisi kering dan 58,84 kV kondisi basah, setelah dikontaminasi tegangan flashover menurun seiring dengan penambahan massa polutan hingga mencapai 48,69 kV kondisi kering dan 28,54 kV kondisi basah pada massa polutan 9 g. Penelitian ini juga mengukur NSDD (Non-Soluble Deposit Density) untuk mengetahui tingkat deposit polutan pada isolator. Nilai NSDD meningkat seiring dengan penambahan massa polutan, mulai dari 0,6 mg/cm² untuk 1 g polutan hingga 5,53 mg/cm² untuk 9 g, yang berkontribusi pada penurunan tegangan flashover dan performa isolator porselen.

Kata kunci: *Isolator Porselen, Polutan Asap Kendaraan, Tegangan Flashover, Standar IEC 60815-1, Slow Rate of Rise Test, Non-Soluble Deposit Density.*

Abstract— *Insulators have an important role in maintaining the stability and reliability of the power grid system. In field conditions, contamination of pollutants such as vehicle fumes on the insulator surface can reduce dielectric strength and increase the risk of insulator flashover, especially wet conditions exacerbate this condition. Therefore, this research was carried out to analyze the effect of contamination and variation of vehicle smoke pollutant mass on insulator flashover voltage. The insulator used was a peg-*

type porcelain insulator, with pollutants of soot taken from the exhaust of a motorcycle and variations in the mass of pollutants tested were 1, 2, 3, 5, 7, and 9 g. The process of contamination of the insulator by pollutants using the IEC 60815-1 standard, is carried out by mixing pollutants and 50 ml of distilled water and then applying it to the surface of the insulator evenly using a brush. Flashover voltage testing was tested on wet and dry insulator conditions using AC high voltage using the Slow Rate of Rise Test method. Clean porcelain insulators have a flashover voltage of 79.49 kV in dry conditions and 58.84 kV in wet conditions, after being contaminated the flashover voltage decreases along with the addition of pollutant mass until it reaches 48.69 kV in dry conditions and 28.54 kV in wet conditions at a mass of 9 g pollutant. This research also measured NSDD (Non-Soluble Deposit Density) to determine the level of pollutant deposits on the insulator. The NSDD value increases with the addition of pollutant mass, ranging from 0.6 mg/cm² for 1 g of pollutant to 5.53 mg/cm² for 9 g, which contributes to the decrease in flashover voltage and porcelain insulator performance.

Keywords: *Porcelain Insulator, Vehicle Smoke Pollutants, Flashover Voltage, Standard IEC 60815-1, Slow Rate of Rise Test, Non-Soluble Deposit Density.*

*aripin@unsil.ac.id

I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik merupakan sistem vital yang menopang kehidupan modern baik di sektor industri, rumah tangga, maupun infrastruktur publik. Salah satu komponen penting dalam sistem tenaga listrik adalah isolator yang berfungsi menjaga keamanan dan kelancaran pendistribusian tenaga listrik [1]. Pemilihan material isolator sangat penting untuk memastikan sistem tenaga listrik yang aman dan stabil. Isolator pada jaringan transmisi dan distribusi di Indonesia umumnya menggunakan material porselen, polimer dan gelas, yang tentunya memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing [2].

Porselen merupakan bahan paling umum digunakan pada isolator, karena memiliki sifat tidak menghantar listrik yang tinggi, kekuatan dielektriknya tinggi dan memiliki kekuatan mekanis yang besar serta harga yang ekonomis. Porselen memiliki tingkat peleburan yang tinggi saat pembakaran atau memiliki karakteristik vitreous. Selain itu solator porselen juga memiliki porositas lebih rendah dari 0,5%, dengan kandungan kaca lebih besar dari 40%. Disamping itu juga sifat bahan porselen sangat keras dengan konduktivitas listrik dan termal yang rendah, dan patah yang rapuh [3].

Isolator berbahan porselen memiliki kekuatan dielektrik dan mekanik yang tinggi, namun rentan mengalami kontaminasi polutan pada permukaannya [4]. Polutan ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti debu, garam, dan asap kendaraan. Asap kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang paling signifikan, asap kendaraan mengandung berbagai polutan berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), nitrogen oksida (NOx), dan partikel debu (PM)[5]. Polutan dalam asap kendaraan bermotor yang bersifat konduktif seperti karbon dapat menempel pada permukaan isolator yang digunakan pada saluran transmisi dan distribusi tenaga Listrik, dan dapat menyebabkan kebocoran arus pada permukaan isolator dan mengakibatkan terjadinya *flashover*[6].

Flashover merupakan kegagalan isolasi yang diakibatkan oleh peningkatan tegangan yang melebihi kekuatan dielektrik isolator sampai terjadi loncatan bunga api. Hal ini menyebabkan arus listrik mengalir pada permukaan isolator, bukan melalui konduktor yang seharusnya. *Flashover* terjadi akibat kontaminasi pada permukaan isolator, surja hubung dan surja petir.

Flashover yang terjadi pada isolator berpolutan biasanya merupakan proses yang lambat yang terjadi pada nilai medan listrik rata-rata yang cukup rendah. *flashover* permukaan bergantung pada beberapa hal faktor termasuk bahan elektroda dan kondisi permukaan, pengatur jarak kondisi material dan permukaan, komposisi dan tekanan fluida, bentuk gelombang potensial yang diterapkan, dan geometri pengaturan elektroda/pengatur jarak [7]. Tegangan *flashover* pada permukaan isolator berpolutan dalam kondisi kering lebih tinggi dari pada tegangan *flashover* pada kondisi basah[8].

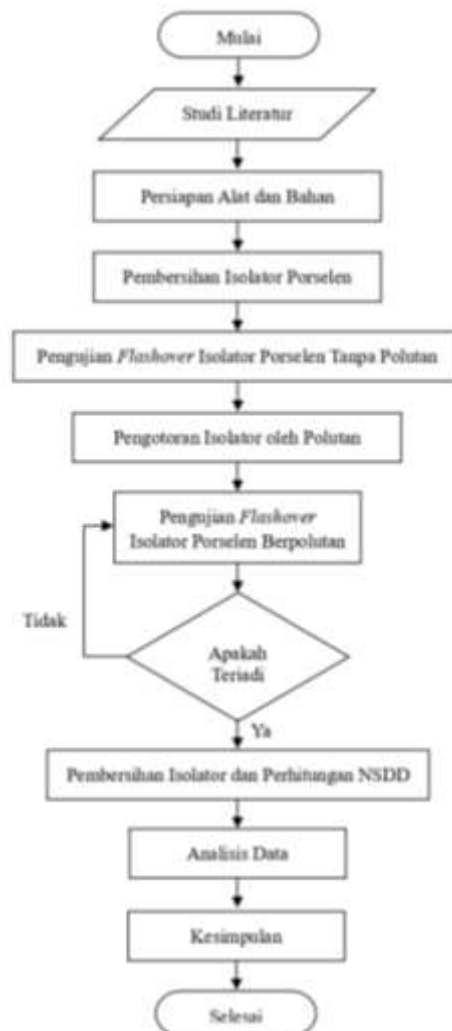
Polutan yang menempel pada permukaan isolator dapat bersifat larut (*soluble contaminant*) dan tak larut (*non-soluble contaminant*) merupakan senyawa kimia kompleks yang banyak dihasilkan oleh polusi industri, debu gunung berapi, asap kendaraan bermotor, dan lain-lain [9]. Polutan ini, akan membentuk lapisan konduktif yang mengurangi resistansi isolator. Dengan meningkatnya jumlah polutan, potensi kontaminasi isolator oleh polutan pun semakin tinggi. Kontaminasi ini dapat menurunkan kualitas isolator dan berisiko menurunkan tegangan *flashover* yang mampu ditahan oleh isolator[10].

Mengingat dampak signifikan dari penumpukan polutan pada performa isolator, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kontaminasi jelaga asap kendaraan terhadap tegangan *flashover* isolator porselen. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Slow Rate of Rise Test* untuk memahami sejauh mana massa polutan memengaruhi tegangan *flashover* dalam kondisi kering dan basah. Penelitian ini juga mengukur NSDD (*Non-Soluble Deposit Density*) untuk mengetahui tingkat keparahan penumpukan polutan berupa partikel padat yang tidak larut dalam air pada permukaan isolator.

II. METODE

A. Flowchart Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan kerja sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Gambar 1 menjelaskan diagram alur penelitian yang diawali dengan studi literatur, lalu mempersiapkan alat dan bahan, dilanjutkan dengan pembersihan isolator, pengujian tegangan *flashover* isolator tanpa polutan dalam keadaan basah dan kering untuk mengetahui nilai tegangan *flashover* dalam kondisi bersih sebelum dikontaminasi sebagai data awal yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengujian tegangan *flashover* isolator yang dikontaminasi oleh polutan dan sebagai pendekatan nilai tegangan *flashover* ketika isolator sudah dibersihkan dari polutan. Setelah itu masuk ke proses pengotoran isolator oleh polutan, lalu melakukan pengujian tegangan *flashover* pada isolator berpolutan, kemudian dilakukan pembersihan isolator dan perhitungan Nilai NSDD. Setelah itu data yang telah didapat diolah untuk mengetahui nilai tegangan *flashover* dan nilai NSDD isolator berpolutan, kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh kontaminasi polutan terhadap tegangan *flashover* isolatornya dan dijadikan sebuah kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

B. Alat dan Bahan

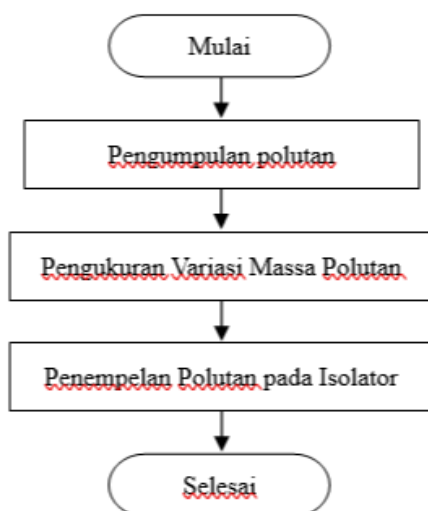
1) Peralatan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah isolator porselen jenis pasak, satu set peralatan pembangkit tegangan tinggi AC, gelas ukur, wadah, kuas, stopwatch, tisu, dan alat dokumentasi.

2) Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah polutan asap kendaraan yang berasal dari jelaga knalpot motor, dan air aquades.

C. Pengotoran Isolator oleh Polutan

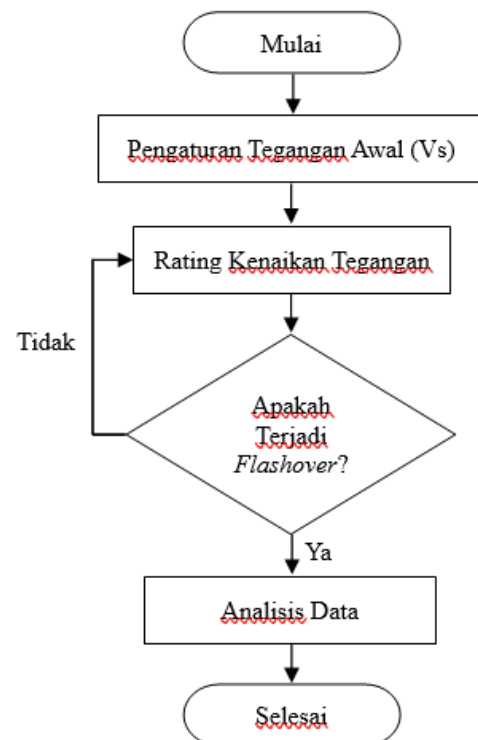


Gambar 2. Diagram Alur Pengotoran Isolator oleh Polutan

Pengotoran isolator dilakukan menggunakan standar IEC 60815-1 dengan langkah-langkah seperti pada Gambar 2.

Proses pengotoran isolator dilakukan di wadah pengotoran, polutan yang digunakan adalah jelaga dari knalpot sepeda motor dengan variasi 1, 2, 3, 5, 7, dan 9 g, setiap variasi polutan dicampur dengan air aquades sebanyak 50ml dan diaduk, lalu ditempelkan ke permukaan isolator menggunakan kuas sampai semua campuran polutan habis dan seluruh permukaan isolator tertutup polutan. Karena polutan jelaga merupakan polutan tak larut, maka air aquades berfungsi sebagai penempel polutan ke permukaan isolator saja.

D. Pengujian Tegangan Flashover



Gambar 3. Diagram Alur Pengujian Tegangan Flashover

Isolator porselen yang telah melalui proses pengotoran polutan akan di uji tegangan *flashover*-nya dalam kondisi basah dan kering menggunakan metode *slow rate of rise test*, dengan langkah-langkah seperti pada Gambar 3.

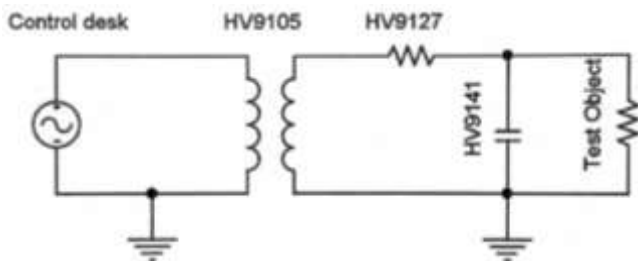
Pengujian tegangan *flashover* dilakukan menggunakan pembangkit tegangan tinggi AC dengan rangkaian uji tegangan *flashover* sesuai dengan Gambar 4 pastikan peletakan isolator dalam keadaan stabil dan elektroda terpasang dengan benar pada ujung isolator. Penempatan isolator seperti yang diberi tanda pada Gambar 4 dan merupakan test object pada gambar 5.

Setelah menyiapkan rangkaian uji tegangan *flashover* sesuai dengan Gambar 4, pastikan peletakkan isolator sudah stabil dan elektroda terpasang dengan benar pada ujung isolator. Selanjutnya pembangkit tegangan tinggi AC

dinyalakan dan tegangan dinaikkan mulai dari tegangan uji awal (V_s) dengan kenaikan tegangan per 1kV hingga terjadi *flashover* pada isolator, kemudian catat pada tegangan berapa isolator mengalami *flashover*. Untuk pengujian tegangan *flashover* dalam kondisi kering isolator terlebih dahulu dijemur di bawah sinar matahari selama 3 menit. Pengujian *flashover* ini dilakukan sebanyak 10 kali pengujian pada setiap sample-nya.



Gambar 4. Rangkaian Uji Tegangan *Flashover*



Gambar 5. Diagram Sirkuit Rangkaian Uji Tegangan *Flashover*

Keterangan:

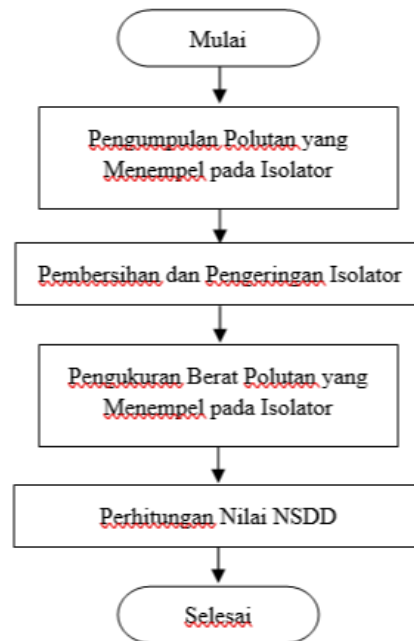
HV9105 = *Transformer*

HV9127 = *Load Resistor*

HV9141 = *Measuring Capacitor*

Test Object = *Porcelain Insulator*

E. Pembersihan Isolator dan Perhitungan NSDD



Gambar 6. Diagram Alur Pembersihan Isolator dan Perhitungan NSDD

Isolator porselen yang telah melalui proses uji tegangan *flashover* selanjutnya masuk ke tahap pembersihan polutan dan perhitungan NSDD dengan tahapan seperti pada Gambar 6.

Pembersihan isolator dimulai dengan mengumpulkan polutan yang menempel di seluruh permukaan isolator menggunakan kuas, kemudian isolator dibilas menggunakan air aquades sebanyak 200ml sampai benar-benar bersih, lalu dikeringkan menggunakan tisu.

Polutan yang telah dikumpulkan dari permukaan isolator kemudian ditimbang beratnya untuk mengetahui berapa banyak polutan yang terdeposit pada permukaan isolator, selanjutnya dilakukan proses penghitungan nilai NSDD (*Non-Soluble Deposit Density*) dan pengidentifikasian tingkat polusi pada isolator berpolutan

$$NSDD (mg/cm^2) = \frac{m (mg)}{A (cm^2)} \quad (1)$$

Dimana:

m = Berat polutan yang terdeposit di permukaan isolator (mg)

A = Luas permukaan isolator (cm^2)

Persamaan (1) merupakan rumus untuk menghitung nilai NSDD. NSDD (*Non-Soluble Deposit Density*) merupakan parameter untuk mengukur tingkat keparahan penumpukan polutan berupa endapan partikel padat yang tidak larut dalam air, seperti debu, jelaga, dan partikel hasil pembakaran pada permukaan isolator [11]. Klasifikasi tingkat polusi menurut standar IEC 60815-1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Polutan pada Isolator

Tingkat Polusi	ESDD ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	NSDD (mg/cm^2)
Sangat Rendah	< 5	< 1
Rendah	5 – 10	1 – 2
Sedang	10 – 20	2 – 5
Tinggi	20 – 40	5 – 10
Sangat Tinggi	> 40	> 10

Standar IEC 60815-1 membahas tingkat polusi pada permukaan isolator dinyatakan dalam dua besaran, yaitu ESDD (*Equivalent Salt Deposit Density*) menyatakan tingkat deposit polutan larut per satuan luas pada permukaan isolator, dan NSDD (*Non-Soluble Deposit Density*) menyatakan tingkat deposit polutan tak larut per satuan luas pada permukaan isolator [11].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tegangan Flashover

Isolator porselen sebelum diberi perlakuan memiliki tegangan *flashover* kondisi kering 79,49 kV dan kondisi basah 58,84 kV. Isolator dikontaminasi oleh polutan yang berasal dari jelaga knalpot dengan variasi massa 1, 2, 3, 5, 7, dan 9 g. Setiap variasi massa polutan dilakukan pengujian sebanyak 10 kali dalam kondisi basah dan kering. Hasil dari pengujian tegangan *flashover* kondisi basah dapat dilihat pada Tabel 2 dan tegangan *flashover* kondisi basah pada Tabel 3.

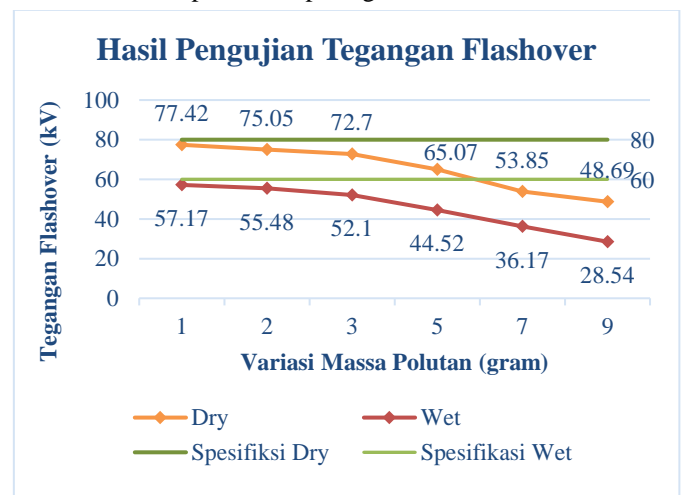
Tabel 2. Hasil Pengujian Tegangan *Flashover* Kondisi Basah

Pengujian <i>Flashover</i>	Tegangan <i>Flashover</i> Kondisi Basah Pada Variasi Massa Polutan (kV)					
	1 g	2 g	3 g	5 g	7 g	9 g
Ke-1	58,2	56,7	52,2	44,7	35,2	27,4
Ke-2	57,5	54,8	52,9	45,1	36,8	28,1
Ke-3	58,6	55,3	51,2	43,7	37,2	27,8
Ke-4	55,5	56	53,4	43,9	35,7	28,6
Ke-5	56,2	55,1	52,3	44,6	37,1	30,6
Ke-6	57,3	54,1	52,6	44,8	36,5	28
Ke-7	56,9	56,3	51,5	45,2	35,4	29,9
Ke-8	56,6	56,6	51,9	43,3	36,7	27,6
Ke-9	57,1	54,7	50,6	44,2	35,5	28,2
Ke-10	57,8	55,2	52,4	45,7	35,6	29,2
Rata-Rata (kV)	57,17	55,48	52,1	44,52	36,17	28,54

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan *Flashover* Kondisi Kering

Pengujian <i>Flashover</i>	Tegangan <i>Flashover</i> Kondisi Kering Pada Variasi Massa Polutan (kV)					
	1 g	2 g	3 g	5 g	7 g	9 g
Ke-1	77,4	74,2	72,9	63,9	52,8	48,5
Ke-2	78,2	74,5	72,7	64,3	53,1	49,7
Ke-3	76,1	75,1	71,7	66,6	54,1	48,8
Ke-4	76,9	75,4	72,8	65,2	53,8	47,5
Ke-5	77,7	73,8	71,9	64,6	53,4	48,4
Ke-6	78,9	74,7	73,2	65,9	54,3	48,9
Ke-7	76,5	76,6	74,2	65,1	54,5	49,6
Ke-8	77,2	76,2	73,1	64,4	55,4	46,7
Ke-9	76,8	74,7	72,1	65,7	53,9	49,5
Ke-10	78,5	75,3	72,4	65	53,2	49,3
Rata-Rata (kV)	77,42	75,05	72,7	65,07	53,85	48,69

Hasil pengujian tegangan *flashover* berdasarkan data pada Tabel 2 dan 3 dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 7. Tegangan *Flashover*

Berdasarkan grafik pada Gambar 7 diatas diperoleh data tegangan *flashover* isolator dalam dua kondisi, kering dan basah. Tegangan *flashover* isolator dalam kondisi kering dan basah menurun seiring dengan kenaikan variasi massa polutan. Kondisi isolator basah memiliki tegangan *flashover* yang lebih rendah dibandingkan kondisi kering [8], hal ini disebabkan karena terbentuknya lapisan konduktif pada permukaan isolator yang disebabkan oleh air dan polutan asap kendaraan yang memiliki partikel-partikel konduktif seperti karbon, logam, dan senyawa kimia lainnya.

Pada massa polutan 1 dan 2 gram, penurunan tegangan *flashover* relatif kecil, dengan rata-rata 77,42 kV dan 75,05 kV kondisi kering, 57,17 kV dan 55,48 kV kondisi basah, mendekati nilai isolator bersih. Mulai dari massa polutan 3 g penurunan tegangan *flashover* mulai signifikan yaitu 72,7 kV kondisi kering dan 52,1 kV kondisi basah. hingga pada massa polutan terberat yaitu 9 g isolator mengalami penurunan tegangan *flashover* sampai 48,69 kV kondisi kering dan 28,54 kV kondisi basah, menandakan isolator berada di batas tidak aman. Penurunan yang lebih besar pada kondisi basah menunjukkan bahwa isolator menjadi lebih rentan terhadap kontaminasi saat lingkungan lembab, dan semakin besar massa polutan, semakin buruk kekuatan dielektriknya [4].

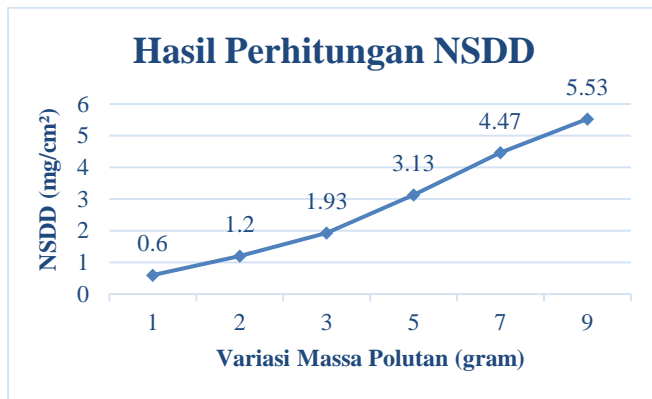
B. Nilai NSDD (Non-Soluble Deposit Density)

Nilai NSDD dari hasil perhitungan menggunakan rumus dasar NSDD dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan NSDD

Variasi Massa	Deposit Polutan	NSDD (mg/cm ²)	Tingkat Polusi
1 gram	0,9 gram	0,6	Sangat Rendah
2 gram	1,8 gram	1,2	Rendah
3 gram	2,9 gram	1,93	Rendah
5 gram	4,7 gram	3,13	Sedang
7 gram	6,7 gram	4,47	Sedang
9 gram	8,3 gram	5,53	Tinggi

Hasil perhitungan nilai NSDD berdasarkan data pada tabel dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



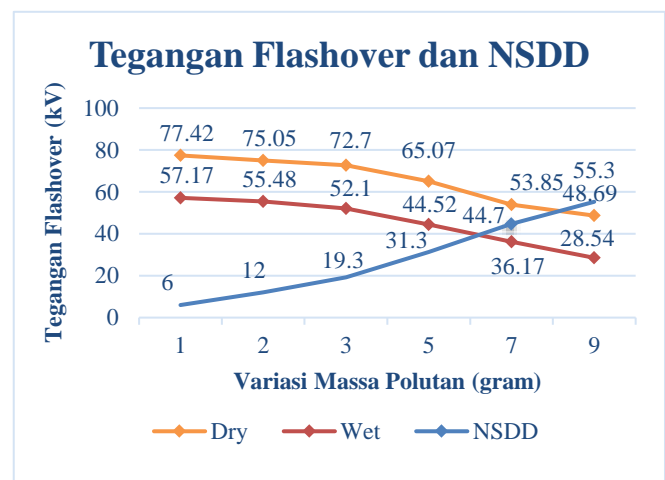
Gambar 8. Nilai NSDD

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 di atas diperoleh data semakin besar massa polutan yang terdeposit pada isolator maka semakin besar juga nilai NSDD [12], seperti pada variasi 1 g NSDD berada di angka 1,01 mg/cm² dengan tingkat polusi rendah. Namun, saat massa polutan mencapai 9 g NSDD naik drastis menjadi 9,32 mg/cm² dengan tingkat polusi tinggi. Kenaikan nilai NSDD dipengaruhi oleh seberapa banyak

penumpukan polutan non-larut pada permukaan isolator yang menyebabkan meningkatnya nilai konduktivitas permukaan isolator [13], artinya semakin berat massa polutan yang terdeposit pada permukaan isolator maka akan semakin besar nilai konduktivitas permukaannya, sehingga menyebabkan peningkatan nilai NSDD dan penurunan tegangan *flashover*.

C. Perbandingan Tegangan Flashover dengan Nilai NSDD

Dari nilai tegangan *flashover* dan nilai NSDD pada pembahasan sebelumnya didapatkan perbandingan antara keduanya pada Gambar 8.



Gambar 9. Perbandingan Tegangan *Flashover* dengan Nilai NSDD

Pada Gambar 9 menunjukkan hubungan antara nilai NSDD dan tegangan *flashover* isolator dalam kondisi kering dan basah. Tegangan *flashover* menurun seiring dengan meningkatnya nilai NSDD dikarenakan penumpukan polutan tersebut mengubah sifat permukaan isolator [14]. Jelaga non-larut dari asap kendaraan bersifat konduktif, terutama ketika dicampur dengan air. Deposit ini dapat membentuk lapisan yang mengurangi kemampuan isolator untuk menahan tegangan listrik. Dengan meningkatnya nilai NSDD, ketebalan lapisan deposit bertambah, sehingga meningkatkan kemungkinan jalur konduktif terbentuk di permukaan isolator dan memicu terjadinya *flashover* di sepanjang permukaan isolator. Semakin tebal deposit, semakin rendah nilai resistansi permukaan isolator, sehingga tegangan yang diperlukan untuk terjadinya *flashover* menurun [15]. Secara keseluruhan, semakin tinggi NSDD, semakin besar penurunan tegangan *flashover*, dan pengaruh ini lebih signifikan dalam kondisi basah, di mana kombinasi air dan polutan secara drastis mengurangi kekuatan dielektrik isolator.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa kontaminasi polutan jelaga non-

larut secara signifikan menurunkan kekuatan dielektrik isolator, ditunjukkan dengan penurunan tegangan *flashover* seiring meningkatnya NSDD (Non-Soluble Deposit Density). Semakin tinggi tingkat kontaminasi, semakin rendah tegangan *flashover*, terutama pada kondisi basah yang memicu arus bocor. Pada penelitian ini, tegangan *flashover* turun dari 79,49 kV menjadi 48,69 kV pada kondisi kering dan dari 58,84 kV menjadi 28,54 kV pada kondisi basah, seiring peningkatan massa polutan hingga 9 gram, menunjukkan semakin tingginya NSDD memperburuk performa isolator.

Tegangan *flashover* isolator lebih rendah dalam kondisi basah karena peningkatan konduktivitas yang mempercepat *flashover*. Massa polutan yang menempel memperburuk penurunan tegangan, terutama pada kondisi basah. Hasil penelitian menunjukkan penurunan tegangan *flashover* dari 79,49 kV menjadi 48,69 kV pada kondisi kering dan dari 58,84 kV menjadi 28,54 kV pada kondisi basah dengan massa polutan tertinggi 9 g. Penurunan lebih signifikan terjadi pada massa polutan besar seperti 7 g dan 9 g dalam kondisi basah, menunjukkan bahwa kontaminasi lebih berbahaya ketika isolator basah.

Variasi massa polutan secara langsung memengaruhi nilai NSDD (Non-Soluble Deposit Density) dan penurunan tegangan *flashover* pada isolator porselen. Pada massa polutan kecil (1-3 g), nilai NSDD rendah (0,6-1,93 mg/cm²) dengan penurunan tegangan *flashover* yang masih mendekati isolator bersih. Namun, peningkatan massa polutan menjadi 5-9 g meningkatkan nilai NSDD (3,13-5,53 mg/cm²), menyebabkan penurunan tegangan *flashover* lebih signifikan, terutama pada kondisi basah. Pada massa polutan tertinggi (9 g), tegangan *flashover* turun drastis menjadi 48,69 kV kondisi kering dan 28,54 kV kondisi basah, menunjukkan semakin tinggi polutan, semakin rendah performa isolator.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada ucapan terima kasih berisi ucapan terima kasih terhadap pendonor dana, atau kepada pihak – pihak yang secara penting berperan dalam penelitian ini. Judul untuk ucapan terima kasih dan referensi tidak diberi nomor.

REFERENSI

- [1] A. S. Alam, A. Syakur, and G. Supriyadi, "ANALISIS X-RAY DIFFRACTION KARAKTERISTIK POLUTAN PADAT DAN GAS UNTUK MENENTUKAN KUALITAS ISOLASI PADA PERMUKAAN ISOLATOR KERAMIK," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 26, no. 1, pp. 17–23, Jan. 2024, doi: 10.14710/transmisi.26.1.17-23.
- [2] Armansyah, "Analisa Pengaruh Endapan Polutan Garam Pada Isolator Terhadap Arus Bocor," *Journal of Electrical Technology*, vol. 6, p. 2, 2021.
- [3] H. Aripin *et al.*, "Structural characterization of mixed local material for a ceramic porcelain insulator," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Nov. 2019. doi: 10.1088/1757-899X/674/1/012031.
- [4] M. Irfangi, "PENGARUH POLUTAN GARAM TERHADAP TEGANGAN FLASHOVER PADA ISOLATOR BERBAHAN KERAMIK DAN POLIMER MENGGUNAKAN METODE SLOW RATE OF RISE TEST," 2016.
- [5] O. Simav, B. Dokuzeylül, and M. Erman Or, "The Effects of Motor Vehicle Emissions on the Environment," 2018.
- [6] M. Z. Al Katsiri, "PENGARUH POLUTAN ASAP KENDARAAN TERHADAP TEGANGAN FLASHOVER PADA ISOLATOR JENIS EPOKSI RESIN METODE SLOW RATE OF RISE TEST," 2019.
- [7] I. A. Bean, C. S. Adams, and T. E. Weber, "HVDC Surface Flashover in Compressed Air for Various Dielectrics," 2020.
- [8] S. Hardi, Y. Taringan, H. Zulkarnaen, and A. Hasibuan, *Influence of Artificial Pollutants on Disc Insulators under Dry and Wet Conditions on Leakage Current and Flashover Voltage*. 2019.
- [9] A. Jaya, A. Syarifuddin, and Sugianto, "Pengaruh Equivalent Salt Deposit Density Terhadap Tegangan Flashover Bahan Isolasi Low Density Polyethylene (LDPE)," 2019. [Online]. Available: <https://jurnaleeccis.ub.ac.id/>
- [10] A. C. Darmadi, Kholistianingsih, and P. Yulianto, "ANALISIS TAHANAN ISOLASI PADA ISOLATOR PORSELIN DAN POLIMER TERHADAP POLUTAN GARAM DI GISTET 500 KV ADIPALA CILACAP," *TEODOLITA : Media Komunikasi Ilmiah Dibidang Teknik*, vol. 23, p. 2, 2022.
- [11] IEC/TS 60815-1, *TECHNICAL SPECIFICATION Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions-Part 1: Definitions, information and general principles*, vol. IEC/TS 60815-1. 2008. [Online]. Available: www.iec.ch
- [12] M. S. I. Mawardi, "Pengaruh Polutan Lumut Bryum SP Terhadap Tegangan Flashover Pada Isolator Polimer Jenis Tarik Menggunakan Metode Slow Rate Of Rise Test.," 2018.
- [13] B. Ali, A. A. Khan, A. Ali, M. Maqsood, and R. Nisha, "POWER LOSS REDUCTION OF DISTRIBUTION NETWORK IN DENSELY INDUSTRIALIZED COASTAL BELT BY DEVELOPMENT OF HYDROPHOBIC COATING APPLYING ACCELERATED AGING FOR CERAMIC INSULATOR," *ASEAN Engineering Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 105–117, Mar. 2022, doi: 10.11113/aej.v12.17209.
- [14] Z. Yang, X. Jiang, X. Han, Z. Zhang, and J. Hu, "Influence of pollution chemical components on AC flashover performance of various types of insulators," *IET Journals The Institution of Engineering and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 105–112, Jun. 2019, doi: 10.1049/hve.2018.5083.
- [15] L. Lan, G. Zhang, Y. Wang, X. Wen, W. Wang, and H. Pei, "The Influence of Natural Contamination on Pollution Flashover Voltage Waveform of Porcelain Insulators in Heavily Polluted Area," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 121395–121406, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2936868.



- [16] Nurdiansyah, rian, ardiansyah, neris peri, & khayam, umar. (2023). Karakteristik Peluahan pada Permukaan Akrilik di Sekeliling Elektroda Plat. *Journal of Energy and Electrical Engineering*,5(1). <https://doi.org/10.37058/JEEE.V4I1.5628>
- [17] Ardiansyah, N. P., Khayam, U., & Nurdiansyah, R. (2020, September). Measurement of Partial Discharge on PCB using RC Detector, HFCT, and Loop Antenna. In 2020 FORTEI-International Conference on Electrical Engineering (FORTEI-ICEE) (pp. 64-68). IEEE.
- [18] Nurdiansyah, R., & Khayam, U. (2019, October). Comparison of The Characteristics and Mechanism of Surface Discharge Occurence on The Acrylic Surface in Air and Oil Insulation With Circular Plane-Plane Electrodes. In 2019 2nd International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS) (pp. 018-023). IEEE.
- [17] Nurdiansyah, R., & Khayam, U. (2019, July). Surface Discharge Characteristics on The Acrylic Surface Around The Edge of Circular Plane-Plane Electrodes. In 2019 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI) (pp. 222-227). IEEE