

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Isolator

Isolator merupakan salah satu peralatan yang penting terutama dalam menjamin keamanan pada sistem dan manusia dalam proses penyaluran listrik dari pembangkit sampai kepelanggan. Isolator juga berfungsi untuk memisahkan antara dua buah penghantar listrik atau lebih yang berdekatan, serta memisahkan bagian bertegangan dan tidak bertegangan pada peralatan listrik agar tidak terjadi aliran arus bocor (*leakage current*) atau *flashover* dari satu penghantar ke penghantar yang lain, dan tidak terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik.

Isolator harus memiliki kekuatan dielektrik dan mekanis yang baik, supaya dapat menahan beban potensial atau medan listrik dan beban mekanis kawat penghantar tanpa mengurangi kemampuan kerja dari isolator. Beberapa hal yang dapat mengurangi kemampuan kerja dari isolator adalah kondisi temperatur, kontaminasi dan kondisi fisik isolator (Santosa, 2017). Isolator yang biasa digunakan pada saluran udara tegangan menengah hingga tegangan tinggi (di atas 20 kV) salah satunya adalah bahan porselen (keramik).

Isolator porselen dibuat dari tanah liat khusus yang mengandung aluminium silikat alami. Material ini dicampur dengan bahan-bahan seperti kaolin, feldspar, dan kuarsa, yang kemudian diproses melalui pembakaran dalam oven dengan suhu yang dapat dikontrol. Proses ini membuat porselen menjadi keras, halus, mengkilap, dan bebas dari pori-pori.

Porselen sering dipilih untuk isolator listrik karena memiliki sifat isolasi yang sangat baik, serta kekuatan dielektrik dan mekanik yang tinggi. Kekuatan mekanik porselen bergantung pada proses pembuatannya. kekuatan mekanik porselen standar 2-3 cm memiliki kekuatan dielektrik sekitar 60kv/cm, beban tekan sebesar 700 kg/cm², serta beban lentur dan tarik yang masing-masing mencapai 500 kg/cm² (Irfangi, 2016).

Dapat disimpulkan bahwa isolator porselen merupakan material isolator dengan sifat mekanik yang baik. Selain itu isolator porselin juga mempunyai beberapa kekurangan, diantaranya mudah pecah, berat, berlubang akibat pembuatan kurang sempurna, bentuk geometri kompleks, dan mudah terpapar polusi terlebih pada kondisi lingkungan yang tinggi tingkat polusinya, dan menyebabkan kegagalan isolasi yaitu *flashover*.

Beberapa jenis isolator yang digunakan untuk pada jaringan distribusi diantaranya sebagai berikut:

1. Isolator Jenis Pasak (*Pin Type Insulator*).
2. Isolator Jenis Pos Saluran (*Line Post Type Insulator*).
3. Isolator Jenis Gantung (*Suspension Type Insulator*).
4. Isolator Jenis Cincin (*Spool Type Insulator*).

Isolator jenis pasak pada gambar 2.1 biasa digunakan pada tiang lurus (*tangent pole*) dan tiang sudut (*angle pole*) untuk sudut 5° sampai 30°. Isolator jenis pasak rata-rata terbuat dari bahan porselen maupun bahan gelas yang dibentuk dalam bentuk kepingan dan bagian bawahnya diberi suatu pasak (*pin*) yang terbuat dari bahan besi atau baja tempaan. Kekurangan jenis pasak ini pada kekuatan tarik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan isolator jenis gantung. Isolator *Post*

Pin atau pasak biasa terdapat pada saluran distribusi dan biasa dipasang di lingkungan pantai, daerah industri, dan juga daerah dengan kelembaban tinggi dengan penghasil polutan pada permukaan isolator yang tinggi (Baso, 2021).



Gambar 2. 1 Isolator Poselen Jenis Pasak

Karakteristik elektrik dari isolator adalah kemampuan menahan flashover dan arus bocor. Isolator yang terpasang pada jaringan udara sangat mudah terpengaruh oleh perubahan lingkungan sekitar termasuk dalam keadaan terpapar polutan. Perubahan tersebut dapat mempengaruhi kinerja isolator dalam menahan tegangan (Syakur et al., 2012). Karakteristik elektrik suatu isolator dinilai dari tegangan *flashover* frekuensi rendah kering dan basah, tegangan *flashover* implus, serta tegangan tembus (Irfangi, 2016).

Karakteristik Mekanik ditandai dengan kekuatannya, yaitu dengan membebani isolator dengan beban yang bertambah secara bertahap hingga isolator terlihat rusak. Kekuatan mekanis suatu isolator dinyatakan dalam kekuatan tarik, dan kekuatan tekan. Untuk isolator porselen kuat tariknya 400-900 kg/cm², sedangkan kuat tekannya yaitu 10 kali lebih besar.

2.2 Polutan Garam

Air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti garam-garam, gas-gas terlarut, bahan-bahan organik dan partikel-partikel tak terlarut. Air laut diperkirakan memiliki 48.000 triliun ton garam yang terlarut di dalam air. Garam-garam ini terdiri dari garam natrium klorida (NaCl), garam sulfat (MgSO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 , Na_2SO_4 , NaHSO_4), garam magnesium (MgCl), garam kalium (KCl), dan garam bromin (MgBr atau KBr) (Ardiansyah, 2023). Kandungan garam pada air laut dan air hujan berbeda, pada air hujan secara umum kandungan garam sangat rendah yaitu 0,002% - 0,01%, kandungan garam ini jauh lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan garam di air laut yang memiliki kandungan 3,5%. Ada dua jenis sifat polutan yang dapat mempengaruhi tahanan permukaan pada isolator yaitu polutan bersifat konduktif dan polutan bersifat *inert*.

Polutan bersifat konduktif merupakan polutan yang mampu menghantarkan arus listrik. Polutan tersebut biasanya terdiri dari garam-garam yang dapat terurai menjadi ion contohnya yaitu NaCl , MgCl , KCl , dan CaCO_3 . Adapun polutan yang bersifat konduktif pada daerah industri dan dapat larut menjadi larutan asam yaitu gas SO_4 yang akan membentuk menjadi H_2SO_4 (Irfangi, 2016).

Polutan bersifat *inert* merupakan bagian zat pada yang tidak terurai menjadi ion-ion dalam larutan, namun dapat menyebabkan penumpukan kotoran kemudian menyerap kelembapan atau bercampur dengan bahan lain (misalnya, garam) sehingga meningkatkan risiko konduktivitas. Contohnya seperti debu tanah atau pasir dan abu.

2.3 Standar IEC 60815-1

Standar IEC 60815-1 merupakan standar tingkat polusi pada permukaan isolator yang dinyatakan dalam dua besaran, yaitu ESDD (*Equivalent Salt Deposit Density*) merupakan tingkat deposit polutan larut per satuan luas pada permukaan isolator, dan NSDD (*Non-Soluble Deposit Density*) merupakan tingkat deposit polutan tak larut per satuan luas pada permukaan isolator. Adapun tingkat polusi menurut standar IEC 60815-1 pada Tabel 2.1 diklasifikasikan berdasarkan nilai ESDD (*Equivalent Salt Deposit Density*) dan NSDD (*Non-Soluble Deposit Density*). Kedua parameter ini digunakan untuk menentukan tingkat kontaminasi pada isolator, sehingga isolator mampu menahan terjadinya *flashover*.

Tabel 2. 1 Tingkat Polutan Isolator pada Standar IEC 60815-1

Tingkat Polutan	ESDD (mg /cm ²)	NSDD (mg/cm ²)
Sangat Ringan	< 0,03	< 1
Ringan	0,03 – 0,06	1 – 2
Sedang	0,06 – 0,1	2 – 5
Berat	0,1 – 0,2	5 – 10
Sangat Berat	> 0,2	> 10

Satuan pada ESDD (*Equivalent Salt Deposit Density*) dan NSDD (*Non-Soluble Deposit Density*) berbeda disebabkan oleh sifat dan jenis deposit yang diukur. ESDD diukur dalam mikrogram per sentimeter persegi ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) karena mengacu pada konsentrasi deposit garam dan kontaminan lainnya yang biasanya sangat kecil. Sedangkan NSDD diukur dalam miligram per sentimeter persegi (mg/cm^2) karena deposit non-larut yang biasanya lebih besar dan lebih berat.

Equivalent Salt Deposit Density (ESDD) merupakan tingkat kepadatan garam dari larutan pengotor yang menempel pada permukaan isolator, Pengukuran ini

dilakukan untuk mengamati pengaruh besarnya nilai ESDD dengan terjadinya tegangan *flashover* (Sudrajat, 2024). Berikut merupakan rumus untuk mencari nilai ESDD.

Pertama pengukuran konduktivitas air yang mengandung polutan maupun tidak mengandung polutan. Dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$\sigma_{20} = \sigma_{\theta} [1 - 0,02277 (\theta - 20)] \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana: σ_{20} = Konduktivitas pada suhu 20°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

σ_{θ} = Konduktivitas pada suhu ruangan

θ = Suhu ruangan

Sesudah didapat konduktivitas pada suhu 20°C, selanjutnya dihitung konduktivitas garam dalam persen, meggunakan persamaan 2.2.

$$D = \frac{(5,7 \times 10^{-4} \times \sigma_{20})^{1,03}}{10} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana: σ_{20} = Konduktivitas pada suhu 20°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

D = Konsentrasi garam dalam (%)

Setelah diperoleh konduktivitas dalam pada suhu 20°C dan konsenrasi garam, kemudian dihitung nilai ESDD nya menggunakan persamaan 2.3.

$$ESDD = 10 \times V \times \frac{(D_2 - D_1)}{S} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana: $ESDD$ = *Equivalent Salt Deposit Density* (mg/cm^2)

V = Volume air pencuci (ml)

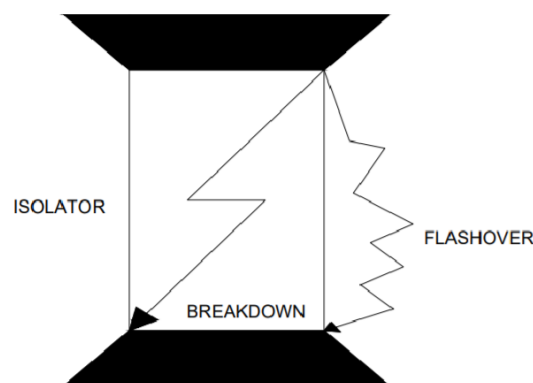
D_1 = Konsentrasi garam dan air sebelum ada polutan (%)

D_2 = Konsentrasi garam dan air sesudah ada polutan (%)

S = Luasa permukaan Isolator (cm^2)

2.4 *Flashover*

Peristiwa *flashover* merupakan suatu kegagalan elektrik yang salah satunya disebabkan oleh kondisi lingkungan. Akibat dari kegagalan ini menyebabkan permukaan isolator menjadi panas. Akibat dari pemanasan pada permukaan isolator secara terus menerus juga dapat mempercepat penuaan dan terbentuknya jejak erosi (*tracking*). Tegangan *flashover* terjadi pada permukaan isolator disebabkan oleh tegangan yang harus ditahan oleh permukaan isolator melebihi kemampuannya (Amiruddin et al., 2022).



Gambar 2. 2 Kegagalan Isolator
(Irfangi, 2016)

Dapat dilihat pada gambar 2.2 bahwa *flashover* terjadi di permukaan isolator sedangkan fenomena *breakdown* yang terjadi didalam isolator. *Breakdown* adalah kegagalan pada isolasi listrik di mana tegangan listrik tinggi menyebabkan kerusakan pada material isolasi dan aliran arus listrik di dalamnya. Keduanya bisa saling mempengaruhi, di mana *breakdown* dapat menyebabkan *flashover*, dan *flashover* dapat merusak struktur isolator hingga menyebabkan *breakdown*.

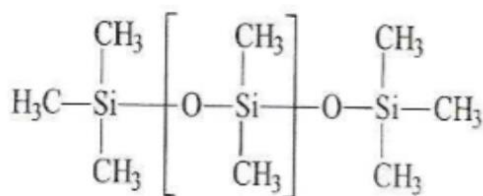
Flashover yang terjadi pada isolator berpolutan biasanya merupakan proses yang lambat yang terjadi pada nilai medan listrik rata-rata yang cukup rendah. *Flashover* permukaan bergantung pada beberapa hal faktor termasuk bahan

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 (Bean et al., 2020).

Polutan yang menempel pada isolator, semakin lama akan membuat suatu lapisan konduktif (*conducting film*) yang tidak merata dan tidak seragam. Awalnya arus listrik dalam orde beberapa mA dapat pemanasan larutan konduktif yang terbentuk pada permukaan isolator. Arus bocor mulai mengeringkan lapisan konduktif dan resistivitas lapisan tersebut bertambah di area-area tertentu menyebabkan pembentukan pita kering (*dry band*). Terbentuknya lapisan konduktif di permukaan isolator akibat adanya polutan yang menempel. Lapisan ini yang menyebabkan mengalirnya arus bocor (*leakage current*). Dengan mengalirnya arus bocor, terjadi pemanasan di lapisan tersebut. Lapisan ini dapat membentuk pita kering akibat dialiri arus bocor secara terus menerus. Pada tegangan tertentu, kondisi ini dapat menyebabkan pelepasan muatan melintasi pita kering. Pelepasan muatan dapat memanjang sehingga terbentuk busur listrik (*arc*) dan terjadi *flashover* yang melalui seluruh permukaan isolator. Di Indonesia pada musim kemarau dan hujan terjadi penumpukan partikel-partikel kontaminan pada permukaan isolator dengan jenis dan tingkat kontaminan yang berbeda-beda. Sesuai dengan kondisi sekitar isolator itu dipasang, semakin jauh dari pantai semakin kecil *Equivalent Salt Deposit Density* (ESDD) nya (Darmadi et al., 2022).

2.5 Minyak Silikon

Silikon merupakan suatu unsur kimia yang memiliki lambang Si dalam tabel periodik dan bernomor atom 14. Unsur kimia ini ditemukan oleh Jöns Jakob Berzelius. Dapat dilihat struktur minyak silikon (*polydimethylsiloxane*) pada gambar 2.3 merupakan campuran dari atom silikon (Si), oksigen (O₂) membentuk tulang punggung utama berupa rantai -Si-O-Si-O- dengan dua gugus methyl (CH₃) yang terikat pada atom silikon. Membentuk formula [(CH₃)₂SiO]_n di mana n adalah jumlah unit ulangan, yang menentukan berat molekul minyak silikon (Ashari et al., 2012).



Gambar 2. 3 Struktur Molekul Minyak Silikon
(Rahayu et al., 2007)

Minyak silikon adalah cairan polimer kental dengan sifatnya yang tidak berwarna, titik beku rendah, tidak korosif, serta mampu menolak air (*hidrofobic*), menjadikan minyak ini sangat diminati dalam berbagai aplikasi industri dan kelistrikan. Salah satu karakteristik terpenting dari minyak silikon adalah resistivitas listriknya yang tinggi dan kemampuannya sebagai bahan dielektrik, yang memungkinkan bahan ini berfungsi sebagai insulator dalam sistem kelistrikan (Triyadi, 2023). Dalam konteks pelapisan isolator, sifat ini menjadikan minyak silikon sangat potensial sebagai pelapis pelindung terhadap kontaminan yang dapat mengganggu performa isolasi.

Minyak silikon juga memiliki kemampuan menolak air dan partikel polutan, yang sangat penting dalam menjaga permukaan isolator tetap bersih dan kering.

Keadaan ini mencegah terbentuknya jalur konduktif akibat kelembapan, yang dapat mengakibatkan terjadinya tegangan *flashover* pada isolator. Dibandingkan dengan pelapis lain seperti minyak nabati atau pelumas industri berbasis hidrokarbon, minyak silikon memiliki keunggulan karena kestabilannya terhadap oksidasi dan suhu tinggi. Selain itu, minyak silikon tidak mudah menguap atau terurai saat digunakan dalam jangka panjang, sehingga lebih tahan lama sebagai pelapis permukaan isolator (Zhao et al., 2015).

Di bidang industri, penggunaan minyak silikon tidak terbatas pada sektor kelistrikan. Minyak ini juga dimanfaatkan sebagai pelumasan komponen mesin karena kemampuannya dalam mengurangi gesekan dan keausan. Selain itu, sifat hidrofobiknya menjadikan minyak silikon cocok untuk melapisi kaca, bodi kendaraan, hingga komponen airsoft gun agar air dan debu tidak mudah menempel. Minyak silikon yang memiliki viskositas sebesar 1.000 centipoise (cps) termasuk dalam kategori viskositas sedang hingga tinggi untuk aplikasi industri dan listrik. Nilai viskositas ini sangat penting karena berkaitan langsung dengan kemampuan pelapis di permukaan isolator, serta kestabilan lapisan tersebut. Viskositas 1.000 cps menjadikan minyak ini cukup kental untuk bertahan di permukaan, dengan densitas sebesar 0,97 g/mL sehingga minyak silikon sangat cocok sebagai bahan pelapis (Triyadi, 2023). Cps (centipoise) merupakan satuan untuk mengukur kekentalan atau viskositas suatu cairan dalam sistem metrik. Viskositas 1 centipoise (cP) setara dengan 0,01 poise (P) atau 0,001 Pascal detik (Pa·s) dalam Sistem Internasional (SI). Semakin tinggi nilai cps-nya maka kekentalannya semakin tinggi.

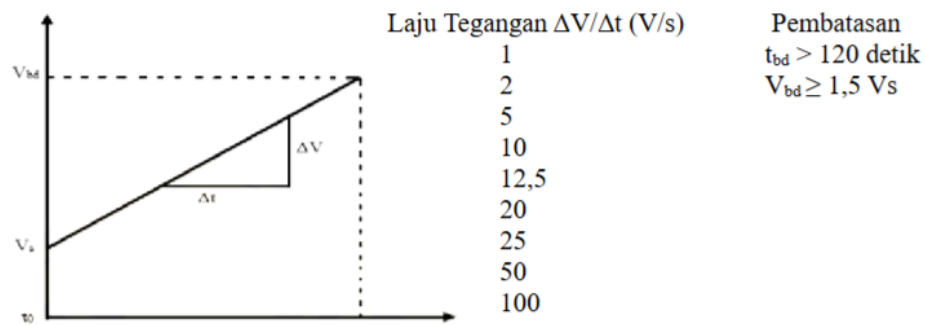
2.6 American Standard Test Method (ASTM)

Standar pengujian ASTM-D149 terdiri dari tiga buah metode yaitu metode *Short Time*, *Step by Step Test*, dan *Slow Rate of Rise Test*. Metode *Short Time* dilakukan dengan memberikan tegangan tinggi pada bahan isolasi dalam waktu singkat sampai terjadi breakdown atau *flashover* pada isolator. Metode *Step by Step Test* dilakukan dengan memberikan tegangan dalam beberapa langkah atau bertahap dengan jeda waktu tertentu di antara setiap tahap. Setiap tahap menaikkan tegangan secara bertingkat hingga isolator mengalami breakdown atau *flashover*. Metode *Slow Rate of Rise Test* dilakukan dengan kenaikan tegangan yang lambat dan konstan hingga isolator mengalami *flashover* (Mawardi, 2018).

Profil tegangan pengujian dengan metode *Slow Rate of Rise Test* ditunjukkan pada Gambar 2.4, kemudian untuk laju tegangannya dipilih dari salah satu yang disarankan pada Gambar 2.4. Cara menentukan tegangan awal V_s sama seperti metode pengujian bertangga yaitu dengan menetapkan tegangan tembus specimen dari pengujian waktu singkat (V_{bd}) atau dari pengalaman dalam pengujian-pengujian yang sudah pernah dilakukan, kemudian dihitung perkiraan tegangan uji awal $V_s = 0,5 V_{bd}$. Pengujian dilakukan dengan menaikkan tegangan secara bertahap dengan laju tegangan konstan, mulai dari tegangan start V_s hingga mengalami tegangan tembus listrik. Terjadinya tembus listrik ini harus pada $t_{bd} > 120$ detik sejak tegangan pengujian dikenakan pada spesimennya.

Apabila dalam pengujian sekelompok spesimen, lebih dari satu specimen yang mengalami tembus listrik pada waktu kurang dari 120 detik, perlu dilakukan tindakan sebagai berikut: tegangan uji start V_s dikurangi, atau laju tegangan ($\Delta V/\Delta t$) diturunkan, atau mengurangi tegangan start dan laju tegangan secara

bersamaan. Jika lebih dari satu spesimen mengalami tembus listrik pada tegangan yang kurang dari 1,5 Vs maka nilai tegangan start Vs dikurangi. Jika tembus listrik terjadi pada tegangan 2,5 Vs dan waktu terjadinya tembus listrik lebih dari 120 detik, nilai Vs dinaikkan.



Gambar 2. 4 Profil Pengujian *Slow Rate of Rise Test*
(Mawardi, 2018)

2.7 Penelitian Terkait

Penelitian yang membahas mengenai tegangan *flashover* cukup banyak. Namun penelitian tersebut mempunyai karakteristik dan hasil yang berbeda-beda. Karena perbedaan tersebut pada penelitian ini membahas mengenai tegangan *flashover* pada isolator yang dilapis minyak silikon dengan variasi kekentalan yang berbeda serta adanya polutan. Adapun penelitian terkait sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Penelitian Terkait

No	Judul Penelitian	Penulis, Tahun	Pembahasan
1	Analisa Pengaruh Kontaminan Pantai Terhadap Unjuk Kerja Sampel Isolator Bahan Keramik Sebelum dan Sesudah Dilapisi Minyak Silikon	(Ashari et al., 2012)	Penelitian ini membahas tentang pengaruh polutan pantai terhadap isolator keramik sebelum dan sesudah dilapisi minyak silikon. Hasil dari pelapisan minyak silikon dapat meningkatkan nilai sudut kontak, nilai sudut kontak sebelum pelapisan adalah $43,74^{\circ}$ dan setelah pelapisan adalah $84,05^{\circ}$. Peluahan pertama sebelum pelapisan mempunyai waktu terlama 351,6 detik, sedangkan peluahan pertama setelah pelapisan mempunyai waktu terlama 11645 detik.
2	Pengaruh Polutan Lumut Bryum SP Terhadap Tegangan <i>Flashover</i> pada Isolator Polimer Jenis Tarik Menggunakan Metode <i>Slow Rate of Rise Test</i>	(Mawardi, 2018)	Penelitian ini membahas tentang pengaruh lingkungan yang mengandung polutan lumut Bryum SP dan garam terhadap isolator polimer jenis tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tegangan <i>flashover</i> akan semakin turun dengan bertambahnya nilai ESDD. Pada polutan lumut Bryum SP saat ESDD sebesar 0,082 mg/cm ² tegangan <i>flashover</i> -nya 43,667 kV. Sedangkan pada polutan garam saat ESDD sebesar 0,104 mg/cm ² tegangan <i>flashover</i> -nya 38,333 kV.
3	Pengaruh Polutan Garam Terhadap Tegangan <i>Flashover</i> pada Isolator Berbahan Keramik dan Polimer Menggunakan Metode <i>Slow Rate of Rise Test</i>	(Irfangi, 2016)	Penelitian ini membahas tentang pengaruh polutan garam yang sering di jumpai di daerah pantai pada isolator berbahan polimer dan keramik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan <i>flashover</i> akan semakin turun dengan bertambahnya nilai ESDD. Isolator keramik lebih baik dari segi besarnya nilai ketahanan tegangan <i>flashover</i> . Sedangkan isolator polimer lebih baik dari segi besarnya persentase penurunan kinerja isolator.
4	Penggunaan Metode <i>Step-By-Step Test</i> Untuk Membandingkan <i>Flashover</i> pada Isolator Berbahan	(Yosafat, 2014)	Penelitian ini membahas tentang pengaruh polutan abu terbang pada isolator keramik dan polimer, <i>flashover</i> diuji menggunakan metode <i>Step-By-Step Test</i> . Hasil penelitian menunjukkan pada isolator keramik dan polimer telah memberikan nilai tegangan tembus (<i>flashover</i>) yang berbeda pada setiap

No	Judul Penelitian	Penulis, Tahun	Pembahasan
	Keramik dan Polimer Terhadap Polutan Abu Terbang		isolator dengan nilai tegangan tembus pada isolator polimer lebih rendah dari pada isolator keramik.
5	Analisis Tahanan Isolasi Pada Isolator Porselin Dan Polimer Terhadap Polutan Garam Di Gistet 500 Kv Adipala Cilacap	(Darmadi et al., 2022)	Penelitian ini membahas tentang efektifitas isolator polimer dan porselin dengan polutan air garam dengan metode penghujanan. Hasil pengujian pada Isolator porselin yang mengalami paparan polutan secara terus menerus berpotensi mengalami flashover dan <i>breakdown</i> lebih cepat dibandingkan dengan isolator polimer jika dilihat dari penurunan tahanan isolasinya.
6	<i>Analysis of Ceramic and Non-Ceramic Insulator Under Different Levels of Salt Contamination</i>	(Dhagat & Pachori, 2015)	Penelitian ini membahas tentang keparahan pencemaran di wilayah pesisir pada isolator porselen dan bukan porselen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi pencemaran dapat berbeda-beda tergantung lokasi pemasangan isolator, yang dapat dipengaruhi oleh faktor cuaca dan karakteristik wilayah. Pada penelitian ini menekankan pentingnya memilih isolator yang sesuai dengan kondisi lingkungan untuk menghindari biaya pemeliharaan tambahan.
7	<i>Influence of Artificial Pollutants on Disc Insulators under Dry and Wet Conditions on Leakage Current and Flashover Voltage</i>	(Hardi et al., 2019)	Penelitian ini membahas tentang pengaruh polutan buatan (KNO_3 , $ZnSO_4$, Sulfur, $CaCO_3$, KCl) pada isolator porselen dan gelas dalam kondisi kering dan basah. Hasil dari pengujian pada tingkat polusi yang berbeda menunjukkan jenis polutan KCl , KNO_3 , dan $ZnSO_4$ menyebabkan arus bocor besar serta menurunkan tegangan <i>flashover</i> isolator secara signifikan.