

# PENGARUH HUJAN TERHADAP TEGANGAN LEWAT DENYAR ISOLATOR PIRING TERPOLUSI

**Alfonso Manogari Siregar, Syahrawardi**

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail:[sayaalfonso@gmail.com](mailto:sayaalfonso@gmail.com)

## Abstrak

Di permukaan isolator akan dilapisi polutan-polutan yang berasal dari lingkungan sekitar dan air hujan akan mengikis polutan tersebut. Tulisan ini membahas tentang pengaruh curah hujan yang beragam terhadap tegangan lewat denyar pada isolator piring dalam keadaan bersih dan terpolusi garam NaCl. Curah hujan yang diberikan pada isolator didapat melalui pemodelan hujan buatan. Isolator dihujani melalui alat pemodelan hujan buatan selama 1 menit yang bernilai 4,6 mm. Proses penghujanan dilakukan pada 10 tahap yang berentang 1 menit hingga 10 menit. Data yang diperoleh memperlihatkan bahwa isolator bersih bila diberi hujan maka menunjukkan penurunan tegangan lewat denyar sebesar 3 kV dan timbulnya kadar polutan sebesar 0,012 mg/cm<sup>2</sup>. Sedang pada isolator terpolusi yang dihujani menunjukkan semakin lama isolator diterpa hujan maka semakin kecil kadar polutan sisa dan semakin besarnya tegangan lewat denyar pada isolator tersebut. Kenaikan tegangan lewat denyar pada isolator sebesar 1,8% sampai 19% dan penurunan kadar polutan sebesar 5% sampai dengan 56,5%.

**Kata Kunci : Isolator, Hujan, Tegangan Lewat Denyar**

## 1. Pendahuluan

Kebanyakan isolator yang dipasang pada saluran listrik hantaran udara dipasang pada ruangan terbuka akan besar kemungkinannya dilapisi oleh polutan yang berasal dari lingkungan di sekitarnya. Konduktivitas polutan ini akan menyebabkan turunnya tahanan permukaan isolator. Nilai konduktivitas pada permukaan isolator akan meningkat apabila permukaan dalam keadaan basah akibat udara yang lembab atau kabut. Turunnya tahanan permukaan isolator ini akan mempengaruhi lewat denyar (tegangan *flashover*) isolator. Lewat denyar adalah peristiwa kegagalan isolasi udara di sekitar permukaan isolator mengisolir konduktor bertegangan dengan konduktor lain sehingga terjadi aliran arus. Oleh karena itu, kondisi permukaan isolator akan mempengaruhi tegangan lewat denyar isolator.

Isolator terpolusi juga akan menghadapi cuaca panas dan hujan. Pada cuaca hujan, polutan pada isolator akan terkikis dan memperkecil jumlah polutan yang menempel dan akan menurunkan konduktivitas permukaan isolator. Sehingga mempengaruhi tegangan lewat denyar isolator tersebut. Akan tetapi polutan berupa sisa pembakaran industri (petrokimia) pada isolator bila dihujani polutan relatif sulit atau tidak akan terkikis dari permukaan.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Isolator

Pada sistem tenaga listrik, digunakan tegangan tinggi untuk mengurangi rugi-rugi daya. Penggunaan tegangan tinggi memerlukan isolator yang baik untuk mengisolir konduktor-konduktor bertegangan. Pemilihan isolator yang baik meliputi pemilihan konstruksi dan bahan isolator yang handal berdasarkan penggunaannya. Untuk penggunaan di dalam ruangan dipilih isolator berbahan polimer. Penggunaan isolator polimer di ruangan terbuka rentan terhadap kerusakan akibat sinar ultraviolet dan erosi. Sedang di ruangan terbuka dipilih isolator berbahan keramik.

### 2.2. Isolator Terpolusi

Kebanyakan isolator baik yang terpasang di ruang terbuka maupun tertutup besar kemungkinannya dilapisi oleh polutan yang berasal dari lingkungan sekitar. Polutan pada isolator dapat berupa polutan industri dan polutan yang berasal dari laut[1]. Polutan ini dapat mempengaruhi konduktivitas permukaan dari isolator tersebut sehingga dapat menyebabkan kegagalan isolasi. Beberapa jenis

polutan yang sangat berpengaruh terhadap tahanan permukaan isolator adalah:

- a. Garam. Kontaminasi garam yang dapat ditemukan pada permukaan isolator ialah NaCl, CaSO<sub>4</sub>, MgCl, NaSO<sub>4</sub>.
- b. Petrokimia, yaitu sisa pembakaran dari industri seperti karbon dioksida, klorin, dan sulfur dioksida dan sebagainya.
- c. Debu.
- d. Kotoran burung.

Polutan pada isolator dapat dibersihkan oleh air hujan yang mengikis kadar polutan. Namun, tidak semua kontaminan dapat dihilangkan dengan air hujan. Karena itu, polutan pada permukaan harus dihilangkan dengan melakukan pembersihan berkala dan metode pembersihan khusus.

Terdapat beberapa metode dalam mengurangi dan mengeleminasi polutan pada isolator yang dapat dilakukan diantaranya sebagai berikut:

- a. Perpanjangan sirip.
- b. Pencucian berkala.
- c. Pelapisan minyak.
- d. Pelapisan *Room Temperature Vulcanizing (RTV)*.
- e. Pelapisan kaca.
- f. Penggunaan isolator komposit.[2]

### 2.3.Lewat Denyar

Salah satu kegagalan isolator mengisolir konduktor ialah peristiwa lewat denyar. Lewat denyar pada isolator hantaran udara merupakan peristiwa pelepasan muatan melalui permukaan isolator dari konduktor bertegangan yang dipikul isolator ke lengan menara. Peristiwa ini menyebabkan kegagalan isolator mengisolasi konduktor transmisi dengan lengan menara.

Lewat denyar dapat terjadi pada beberapa kondisi, yaitu pada kondisi permukaan isolator bersih, dan pada kondisi permukaan isolator terpolusi. Pada isolator bersih, arus bocor mengalir di permukaan isolator. Arus yang mengalir di permukaan isolator menyebabkan udara menjadi konduktif di sekitar isolator diakibatkan proses ionisasi dan emisi. Udara yang konduktif menyebabkan tembusnya udara di sekitar permukaan. Tembus udara di sekitar permukaan isolator disebut dengan lewat denyar.

Bila permukaan isolator dilapisi polutan, tahanan permukaan isolator akan turun sehingga arus bocor yang mengalir akan semakin besar dibandingkan dengan arus bocor pada kondisi permukaan bersih. Arus yang

lebih besar ini menyebabkan terbentuknya jalur konduktif yang mengionisasi udara lebih cepat.

### 2.4.Presipitasi

Presipitasi adalah istilah umum untuk menyatakan uap air yang mengondensasi dan jatuh di atmosfer ke bumi dalam segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi.[3] Jika air yang jatuh berbentuk air disebut hujan dan jika berbentuk padat disebut salju.

Adapun karakteristik hujan yang dapat ditinjau dalam suatu pengukuran ialah intensitas (mm/menit), lama waktu (durasi), tinggi hujan (mm), frekuensi (periode), luas sebaran hujan.

Tinggi hujan atau jumlah hujan yang terjadi akan berdampak langsung terhadap permukaan isolator. Pengukuran jumlah air hujan yang jatuh menggunakan alat penakar hujan atau dikenal dengan nama *raingauge*.

### 2.5.Kandungan Air Hujan

Sekalipun pada lingkungan yang bersih tanpa polusi, hujan bersifat sedikit asam.[4] Air melarut sedikit gas CO<sub>2</sub> dari udara membentuk asam karbonat (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Kadar pH dari air hujan biasanya 5,6. Polutan gas di udara dapat menyebabkan air hujan menjadi asam.. Hujan asam menyebabkan kerusakan besar pada bangunan batu, cat, logam, dan lingkungan.

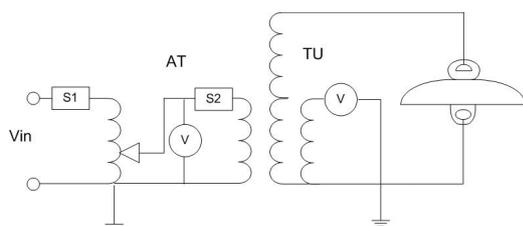
Polutan utama yang menyebabkan terjadinya hujan asam adalah sulfur dan nitrogen oksida yang merupakan limbah petrokimia. Polutan petrokimia berasal dari knalpot mobil dan industri yang menggunakan bahan bakar minyak dan batubara . Di atmosfer, polutan tersebut membentuk asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>). Akhirnya mereka jatuh ke tanah sebagai hujan asam.

## 3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan mulai tanggal 1 maret sampai 20 Juli 2014 di Lab. Tegangan Tinggi Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik USU.

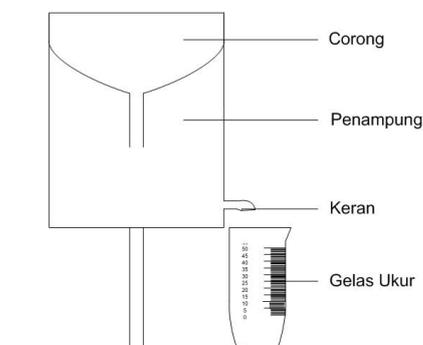
Penelitian dilakukan untuk membandingkan hasil tegangan lewat denyar (FO) dari isolator piring bila dihujani melalui simulasi hujan buatan. Pengujian tegangan lewat isolator terdiri dari pengujian isolator dalam keadaan bersih dan terpolusi sebelum dan sesudah dihujani. Pengujian tegangan lewat denyar dilakukan dengan menaikkan tegangan secara bertahap hingga tercapai peristiwa lewat

denyar pada rangkaian yang ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1: Rangkaian percobaan

Isolator bersih dan terpolusi diujani pada alat simulasi hujan selama 1 menit dan diukur pada *raingauge* menunjukkan nilai 4,6 mm. Proses penghujan dilakukan pada 10 tingkatan hujan hingga 10 menit. Pengukuran tiap tingkatan hujan menggunakan *raingauge* yang ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2: *Raingauge*

Setiap hasil percobaan dilakukan pengujian tegangan lewat denyar dan pengukuran kadar polutannya dengan metode *Equivalent Salt Deposit Density*(ESDD) sehingga didapat grafik ESDD dan tegangan lewat denyar.

#### 4. Analisis Data

Data ESDD dan tegangan lewat denyar (FO) yang diperoleh dari percobaan isolator bersih ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. ESDD dan FO isolator bersih

Jumlah Hujan (mm)	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	FO (kV)
Sebelum hujan		72,33
4,6	0,0071	70,3
9,2	0,0142	70,26
13,8	0,0121	70,46
18,4	0,0145	70,033
23	0,0095	70,5

27,6	0,0121	69,93
32,2	0,0095	70,033
36,8	0,0121	70,267
41,4	0,0121	69,433
46	0,0118	70,1

Data yang diperoleh dari percobaan isolator terpolusi sangat berat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. ESDD dan FO isolator terpolusi sangat berat

Jumlah Hujan (mm)	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	FO (kV)
Sebelum hujan	0,6677	53,73
4,6	0,3008	60,6
9,2	0,2792	61,26
13,8	0,2774	61,5
18,4	0,2671	61,67
23	0,2450	61,87
27,6	0,2461	62,14
32,2	0,2303	62,47
36,8	0,2351	62,7
41,4	0,2350	62,97
46	0,2183	63,97

Data yang diperoleh dari percobaan isolator terpolusi berat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. ESDD dan FO isolator terpolusi berat

Jumlah Hujan (mm)	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	FO (kV)
Sebelum hujan	0,2869	58,867
4,6	0,1577	62,400
9,2	0,1384	63,133
13,8	0,1267	63,100
18,4	0,1241	63,933
23	0,1096	64,000
27,6	0,1077	64,000
32,2	0,1072	64,000
36,8	0,1119	64,033
41,4	0,1094	64,433
46	0,0977	65,067

Data yang diperoleh dari percobaan isolator terpolusi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. ESDD dan FO isolator terpolusi sedang

Jumlah Hujan (mm)	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	FO (kV)
Sebelum hujan	0,1338	60,933
4,6	0,1167	63,033
9,2	0,1142	63,067
13,8	0,1143	63,033
18,4	0,1071	63,367
23	0,1000	64,867
27,6	0,1020	64,800
32,2	0,0903	65,467
36,8	0,0897	66,333
41,4	0,0832	67,167
46	0,0784	67,867

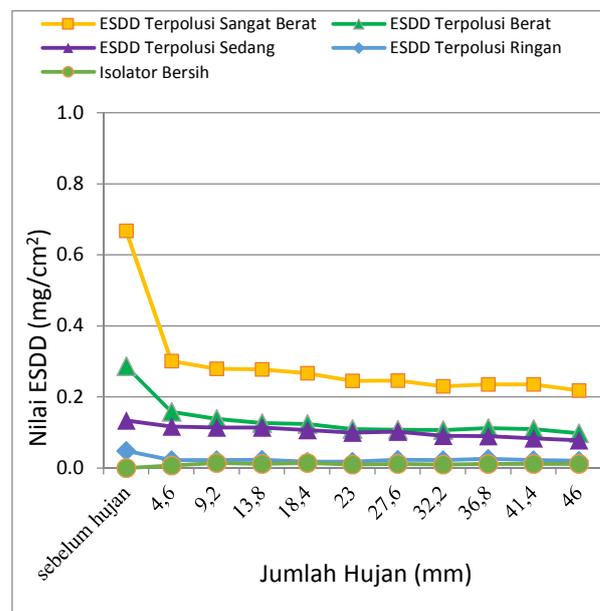
Data yang diperoleh dari percobaan isolator terpolusi ringan ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. ESDD dan FO isolator terpolusi ringan

Jumlah Hujan (mm)	ESDD (mg/cm <sup>2</sup> )	FO (kV)
Sebelum hujan	0,0484	67,77
4,6	0,0228	68,67
9,2	0,0228	68,60
13,8	0,0238	68,73
18,4	0,0179	68,63
23	0,0181	68,67
27,6	0,0229	68,67
32,2	0,0228	68,77
36,8	0,0263	68,57
41,4	0,0228	69,17
46	0,0203	69,80

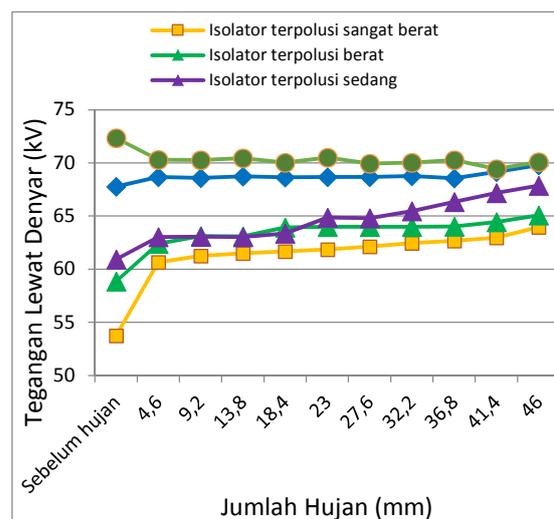
ESDD pada isolator bersih naik setelah melalui proses penghujan hingga 0,0141 mg/cm<sup>2</sup>. Berbeda dengan isolator yang terpolusi, nilai ESDD mencapai 0,666 mg/cm<sup>2</sup> dan turun setelah melalui proses penghujan hingga 0,2194 mg/cm<sup>2</sup>. Dari tabel 1, 2, 3, 4, dan 5 dibuat grafik perbandingan perubahan nilai

ESDD terhadap curah hujan yang beragam ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3: Nilai ESDD vs jumlah hujan

Naiknya nilai ESDD pada isolator bersih dikarenakan air hujan mengandung polutan. Sedangkan isolator terpolusi, nilai ESDD mengalami penurunan setelah proses penghujan sehingga menaikkan tegangan lewat denyar. Kenaikkan tegangan lewat denyar dapat dilihat pada grafik tegangan lewat denyar terhadap curah hujan yang beragam ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4: Tegangan lewat denyar vs jumlah hujan

Polutan garam NaCl pada permukaan isolator akan menurunkan tegangan lewat denyar. Setelah proses penghujan, terjadi penurunan kadar polutan pada permukaan

isolator dan berakibat pada naiknya tegangan lewat denyar dari isolator tersebut.

## 5. Kesimpulan

Dari pembahasan dan pengukuran maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

4. Isolator terpolusi garam yang terpapar oleh air hujan dalam waktu tertentu akan menyebabkan naiknya tegangan lewat denyar. Kenaikan tegangan lewat denyar diakibatkan kadar polutan garam terkikis dan memperkecil konduktivitas di permukaan isolator.
5. Permukaan isolator bersih yang dikenai sejumlah air hujan akan menimbulkan polutan yang menempel pada permukaan isolator. Timbulnya polutan tersebut pada permukaan isolator akan berakibat menurunkan tegangan lewat denyar.
6. Munculnya polutan pada permukaan isolator yang awalnya dalam keadaan bersih diakibatkan oleh air hujan itu mengandung polutan.

## Daftar Pustaka

2. Pabla, A S. “*Electric Power Distribution Systems*”. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1981.
3. Kuffel, E., dkk. “*High Voltage Engineering: Fundamentals*”, edisi kedua, Oxford: Butterworth-Heinemann. 2000
4. Suripin. “*Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*”. Edisi Pertama. Semarang: Andi. 1986.
5. Sulistiyo, Indyah. “*Pendidikan Hidup Tentang Bahaya Polutan Udara*”. Yogyakarta: FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, DI Jogjakarta. 2005.