

Kerusakan Isolator Saluran Transmisi Tegangan Tinggi Akibat Pengaruh Polutan (Kondisi Kering dan Basah)

Yusri Anugerah Manapa Ambabunga^{1,*}, Henrianto Masiku²


¹ Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jl. Nusantara No. 12 Tana Toraja

² Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Jl. Nusantara No. 12 Tana Toraja
¹ ambabungayusri76@gmail.com; ² henrimasiku@yahoo.co.id;

*corresponding author

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
Kata Kunci: Isolator Kawat Transmisi Gardu Induk Arus Bocor Porselen	Isolator merupakan suatu alat pelindung kawat saluran transmisi yang banyak terpasang pada sistem tenaga listrik, baik pada sisi saluran pembangkit, saluran transmisi maupun pada saluran distribusi tenaga listrik. Secara konstruksi isolator banyak ditemui pada sisi saluran transmisi udara (<i>overhead lines</i>), gardu induk maupun pada panel pembagi daya listrik 3 fasa. Isolator kawat transmisi pada umumnya terbuat dari bahan porselin, jika mengalami gangguan akan mudah retak dan pecah. Penyebab kerusakan isolator terutama pada permukaan isolator sehingga menurunkan kualitas kinerja isolator sebagai alat pelindung dan tempat menggantungnya kawat transmisi yaitu pengaruh polutan yang menempel pada permukaan isolator sehingga menimbulkan keretakan dan tembusnya tegangan pada permukaan isolator lalu mengalirlah arus bocor pada saluran transmisi tersebut.
Keywords: Insulator, Transmission wire, Substation, Leakage current, Porcelain	ABSTRACT An insulator is a protective device for transmission line wires that are widely installed in electric power systems, both on the side of power generation lines, transmission lines, and power distribution lines. In construction, insulators are often found on the side of overhead lines, substations, and substations. on a 3-phase electric power divider panel. Transmission wire insulators are generally made of porcelain, if they are disturbed, they will easily crack and break. The cause of damage to the insulator, especially on the surface of the insulator, reduces the quality of the insulator's performance as a protective device and a place to hang the transmission wire, namely the influence of pollutants attached to the surface of the insulator causing cracks and breakdown of the voltage on the surface of the insulator and then the leakage current flows in the transmission line.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. Pendahuluan

Sistem tenaga listrik dapat di bagi menjadi tiga zona wilayah, pembangkit tenaga listrik, saluran transmisi, saluran distribusi. Komponen isolator merupakan bagian yang terpenting di dalam mendukung penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit melewati saluran transmisi hingga mencapai saluran distribusi ke beban. Komponen isolator berfungsi untuk melindungi kawat transmisi daya listrik sekaligus sebagai tempat menggantungnya saluran transmisi yang dibentangkan antara satu tiang dengan tiang transmisi lainnya. Model isolator terbagi atas 2 macam yaitu, isolator tumpu dan isolator tarik pada kedudukan tiang transmisi baik tegangan menengah maupun tegangan tinggi. Komponen isolator biasanya terbuat dari bahan porselin atau gelas. Komponen isolator transmisi tegangan menengah atau tegangan tinggi biasanya terpasang pada kedudukan tiang listrik atas dan d ruang terbuka, sehingga kemungkinan untuk mengalami kerusakan permukaan isolator akibat polutan dapat terjadi Faktor yang mempengaruhi sehingga terjadinya polutan yang menyebabkan kerusakan pada isolator tegangan menengah dan tegangan tinggi yaitu polutan yang menempel

pada permukaan isolator berasal dari uap garam air laut, radiasi sinar matahari, air hujan yang menyebabkan korosi pada permukaan isolator, aktivitas gas limbah buangan (CO) dari kendaraan, serta sisa sisa pembakaran sampah dll, yang menyebabkan menurunnya kualitas isolator sebagai alat isolasi kawat tegangan saluran transmisi. Nilai konduktivitas polutan pada permukaan isolator akan meningkat apabila dalam keadaan basah dan akan menurun nilai konduktivitasnya dalam keadaan kering. Pengujian isolator pada keadaan kering atau basah untuk menentukan ketahanan isolasi pada suatu isolator agar dapat diketahui kualitas kinerja suatu isolator pada tingkat gradient tegangan tertentu sehingga kegagalan ketahanan isolasi yang dapat menimbulkan tegangan lebih (flashover) dan arus bocor pada saluran transmisi dapat dihindari.

II. Metode

Metode yang digunakan untuk pengujian karakteristik ketahanan isolasi pada suatu isolator tegangan menengah dan tegangan tinggi terhadap terjadinya tegangan lebih percikan (flashover) dan arus bocor yaitu metode uji eksperimen suatu bahan isolasi berupa metode pengukuran tahanan isolasi, metode pengujian tegangan tembus permukaan isolasi suatu isolator serta metode pengujian yang lain, dengan menggunakan transformator uji.

III. Hasil dan Pembahasan

Di dalam proses pengujian ketahanan permukaan isolator dengan tingkat gradient tegangan tertentu memiliki sasaran untuk mengukur sejauh mana pengaruh polutan baik dalam kondisi kering atau basah sehingga tingkat konduktivitas isolator dengan nilai tahanan isolasi tertentu dapat diukur untuk mengatasi kemungkinan munculnya arus bocor dan tegangan *flashover* yang menyebabkan kerusakan permukaan isolator sehingga menghilangkan fungsi sebagai alat isolasi untuk transmisi tegangan tinggi. Adapun jenis polutan yang mempengaruhi karakteristik kerja isolator yaitu, KNO_3 , ZnSO_4 , Sulfur (S), CaCO_3 , dan KCl dengan tingkat polusi yang berbeda beda untuk jenis isolator porselen dan gelas pada kondisi kering dan basah.

3.1 Perhitungan ESDD

Perhitungan nilai data ESDD yang disesuaikan dengan persamaan 1:

$$\text{ESDD} = G D_2 - D_1 \quad (1)$$

Hasil pengukuran konduktivitas larutan penyebab polutan isolator tegangan transmisi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran ESDD Larutan

Jenis larutan	Bahan Isolator	Berat polutan (gr)	ESDD (mg/cm ²)	Jenis larutan	Bahan Isolator	Berat polutan (gr)	ESDD (mg/cm ²)		
KN03	Porselen	150	0,0443	KCl	Porselen	150	0,0345		
		250	0,0550			250	0,0380		
		500	0,0743			500	0,1225		
		600	0,1405			600	0,1300		
		900	0,1493			900	0,1640		
		1000	0,1867			1000	0,1697		
	Gelas	150	0,0445		Gelas	150	0,0573		
		250	0,0481			250	0,0560		
		500	0,0830			500	0,1255		
		600	0,1476			600	0,1339		
		900	0,1555			900	0,1853		
		1000	0,1961			1000	0,1934		
	CaCO ₃	Porselen	150		0,0200	S	Porselen	150	0,0105
			250		0,0222			250	0,0158
500			0,0288	500	0,0222				
600			0,0352	600	0,0342				
900			0,0714	900	0,0505				
1000			0,0743	1000	0,0540				
Gelas		150	0,0200	Gelas	150		0,0027		
		250	0,0203		250		0,0154		
		500	0,0292		500		0,0202		
		600	0,0346		600		0,0314		
		900	0,0607		900		0,0503		

		1000	0,0716		1000	0,0558
ZnSO4	Porselen	150	0,0285			
		250	0,0336			
		500	0,1304			
		600	0,1364			
		900	0,1520			
		1000	0,1624			
	Gelas	150	0,0290			
		250	0,0391			
		500	0,1230			
		600	0,1315			
		900	0,1471			
		1000	0,1559			

3.2 Data Pengujian Isolator Terhadap Pengaruh Arus Bocor

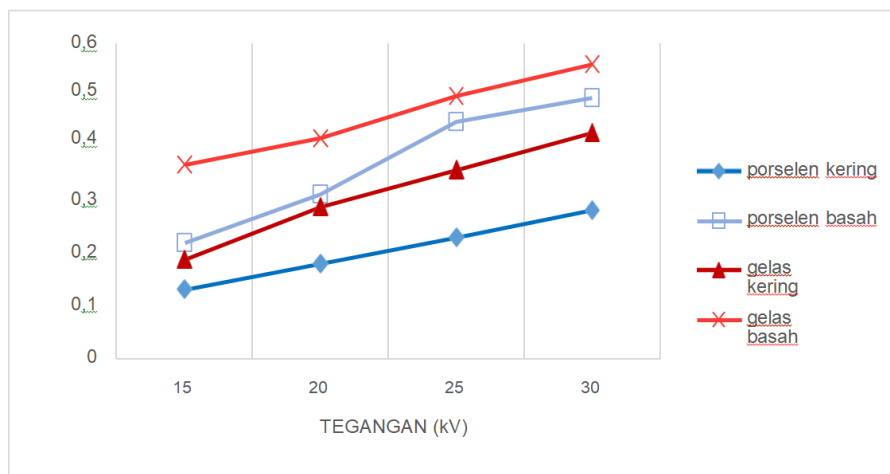
Data pengujian isolator pada saluran transmisi baik tegangan listrik menengah maupun tegangan tinggi dengan kondisi isolator bersih, lalu mengalami pengendapan polutan ringan, dan berat, dengan persamaan 2:

$$I_{bocor} = \frac{V}{R} \quad (2)$$

dimana R = 43Ω. Hasil Pengujian Arus Bocor pada Isolator Kondisi Bersih disajikan pada tabel

Tabel 3.2 Arus bocor isolator kondisi bersih

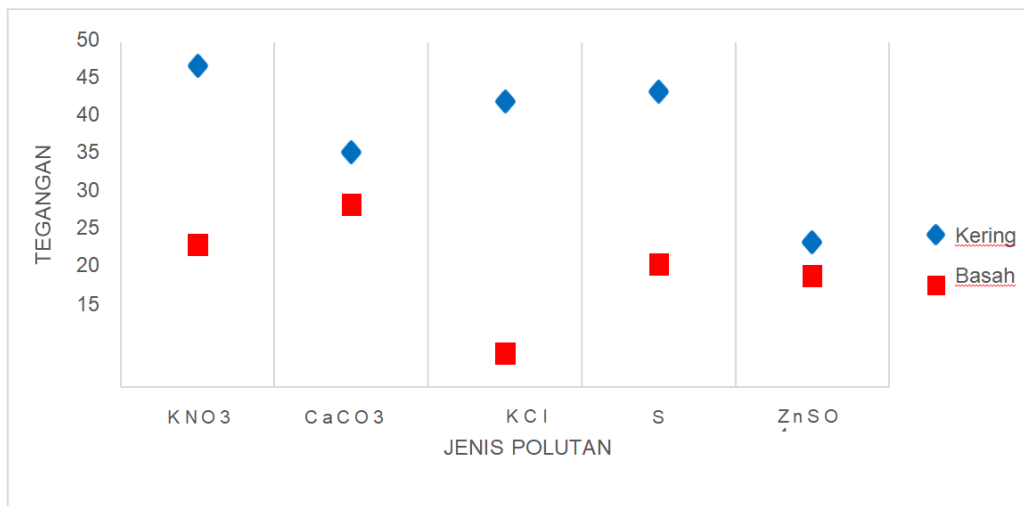
Jenis Isolator	V ₁ (kV)	Kering			Basah		
		V ₂ (V)	I _b (mA)	Persentase kenaikan I _b (%)	V ₂ (V)	I _b (mA)	Persentase kenaikan I _b (%)
Porselen	15	5,73	0,133	53,003	9,57	0,222	55,242
	20	7,83	0,182		13,5	0,314	
	25	9,93	0,231		19,4	0,451	
	30	12,17	0,283		21,33	0,496	
Gelas	15	8,303	0,19	55,814	15,93	0,37	33,929
	20	12,47	0,29		18,27	0,42	
	25	15,63	0,36		21,37	0,5	
	30	18,4	0,43		23,9	0,56	



Gambar 1. Grafik hubungan arus bocor terhadap tegangan untuk kondisi kering dan basah pada isolator kondisi bersih

Tabel 3.3 Arus bocor isolator porselen terpolutan ringan

Jenis Polutan	Berat polutan (gr)	V1 (kV)	Kering			Basah		
			V2 (V)	Ib (mA)	Persentase kenaikan Ib (%)	V2 (V)	Ib (mA)	Persentase kenaikan Ib (%)
KNO ₃	150	15	9,43	0,22	43,59	13,62	0,317	40,74
		20	10,97	0,26		15,27	0,355	
		25	15,03	0,35		21,70	0,505	
		30	16,93	0,39		23,00	0,535	
	250	15	11,43	0,27	41,31	14,90	0,35	38,596
		20	13,37	0,31		16,63	0,39	
		25	16,47	0,38		22,73	0,53	
		30	19,67	0,46		24,60	0,57	
CaCO ₃	150	15	6,57	0,15	50	9,80	0,228	55,03
		20	7,50	0,17		14,63	0,340	
		25	11,50	0,27		20,10	0,467	
		30	13,03	0,30		21,80	0,507	
	250	15	13,20	0,31	32,61	14,00	0,33	41,07
		20	15,97	0,37		16,67	0,39	
		25	18,53	0,43		21,73	0,51	
		30	19,83	0,46		23,87	0,56	
KCl	150	15	18,67	0,43	29,51	19,53	0,454	32,14
		20	21,13	0,49		22,13	0,515	
		25	25,13	0,58		26,87	0,625	
		30	26,10	0,61		28,77	0,669	
	250	15	20,90	0,49	28,99	25,33	0,59	24,36
		20	23,93	0,56		28,37	0,66	
		25	26,53	0,62		31,33	0,73	
		30	29,60	0,69		33,53	0,78	
S	150	15	6,60	0,15	61,54	10,33	0,240	54,286
		20	9,40	0,22		14,77	0,343	
		25	12,83	0,30		20,17	0,469	
		30	16,87	0,39		22,57	0,525	
	250	15	7,77	0,18	56,09	10,60	0,25	5,36
		20	9,73	0,23		15,67	0,36	
ZnSO ₄		25	12,90	0,30		20,93	0,49	
		30	17,54	0,41		23,90	0,56	
	150	15	13,47	0,31	49,181	16,50	0,384	39,72
		20	18,47	0,43		19,80	0,460	
		25	21,47	0,50		22,23	0,517	
		30	26,30	0,61		27,40	0,637	
	250	15	17,57	0,41	43,06	25,83	0,60	36,17



Gambar 2. Grafik Pengaruh berbagai Polutan Kondisi Kering dan Basah terhadap Tegangan *Flashover* Terpolutan Berat 700 gram

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada isolator porselen ESDD tertinggi saat terpolutan KNO₃ bobot berat (1000gr) sebesar 0,1867 mg/cm². Kenaikan arus bocor terbesar terjadi pada terpolutan S kondisi kering dengan tingkat bobot polutan ringan (150gr) yaitu sebesar 61,54%. Arus bocor terbesar terjadi saat terpolutan ZnSO₄ dengan tingkat bobot polutan berat (1000gr) kondisi basah yaitu 1,13 mA dan paling kecil terjadi saat kondisi bersih dan kering yaitu 0,133 mA.
2. Pada isolator gelas ESDD tertinggi saat terpolutan KNO₃ bobot berat (1000gr) sebesar 0,1961 mg/cm². Kenaikan arus bocor terbesar terjadi pada terpolutan CaCO₃ dengan tingkat bobot polutan ringan (150gr) kondisi kering yaitu sebesar 55,6%. Saat terpolutan ZnSO₄ dengan tingkat bobot polutan berat (1000gr) kondisi basah merupakan arus bocor paling besar yaitu 1,56 mA dan terkecil saat kondisi bersih dan kering sebesar 0,19 mA.
3. Penurunan tegangan flashover pada isolator porselen terbesar terjadi pada terpolutan KCl dengan tingkat bobot polutan ringan (250gr) kondisi kering ke basah sebesar 59,46%. Tegangan flashover terbesar terjadi pada kondisi bersih dan kering sebesar 68,1 kV dan paling kecil terjadi saat terpolutan KCl dengan tingkat bobot polutan (1000gr) berat kondisi basah sebesar 13,87 kV.
4. Disamping itu, penurunan tegangan flashover terbesar pada isolator gelas terjadi pada terpolutan KNO₃ tingkat bobot polutan berat (1000gr) kondisi kering ke basah sebesar 51,14%. Tegangan flashover terbesar terjadi pada kondisi bersih dan kering sebesar 71,43 kV dan terkecil pada terpolutan ZnSO₄ tingkat polutan berat (1000gr) sebesar 20,13 kV.
5. Perubahan arus bocor isolator porselen yang paling besar terjadi saat V = 15 kV kondisi bersih ke kondisi terpolutan KCl tingkat bobot polutan berat (1000gr) kondisi kering yaitu sebesar 81,0% dan perubahan tegangan flashover paling besar akibat polutan KCl tingkat bobot polutan berat (1000gr) kering dari kondisi bersih sebesar 73,43%.
6. Pada isolator gelas perubahan arus bocor paling besar yaitu sebesar 78,723% saat V = 15 kV kondisi bersih ke kondisi terpolutan ZnSO₄ tingkat bobot polutan berat (1000gr) kering dan akibat polutan ZnSO₄ tingkat polutan berat (1000gr) dari kondisi bersih merupakan perubahan tegangan flashover terbesar saat kondisi basah yaitu sebesar 62,702%.

Daftar Pustaka

- [1] Arismunandar, A, Dr 1982. Teknik Tenaga listrik, Jakarta, Jilid II, Cetakan kelima, penerbit : PT. Pardy Paramita.
- [2] Harten, P. Van, 1983, Instalasi Listrk Arus kuat 3, Jakarta, edisi Ketiga, Penerbit Bima Cipta.
- [3] Kadir, Abdul, Prof. Ir, 1986 Transformator, Jakarta, PT. Elex Media Komputindo Gramedia.

- [4] Pabla, AS, 1994, Six/em Distribusi Daya Listrik, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- [5] Panangsang, O, Utama, dan Piarsa, N, 2001, Sintulasi dan Analisis Ketidakseimbangan dan Kompensasi Daya Reaktif Pada Jaringan Distribusi, majalah IPTEK, Lembaga Penelitian, Vol.12.No3,2001.
- [6] Ridwan, Nursyamsu A, 1994, "Perhitungan Susut Daya Pada Jaringan Distribusi Primer feeder 3 Pinrang". Skripsi. STITEK Dharmayadi