

## Analisis Arus Bocor pada Isolator *Disc Glass* secara Normal dan Inverted

REGIS TRI SUTRISNO, WALUYO

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung

Email : [registrisutrisno@gmail.com](mailto:registrisutrisno@gmail.com)

### ABSTRAK

*Peralatan listrik yang penting pada penyaluran tenaga listrik adalah isolator. perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui seberapa besar arus bocor pada Isolator beserta pengaruh lingkungannya. Penelitian pengukuran arus bocor isolator disc glass selama 35 hari pada waktu pagi, siang dan malam dengan pemasangan normal dan inverted dan analisis menggunakan metode regresi, korelasi, kovarian dan PCA. Hasil penelitian didapat nilai rata-rata arus bocor isolator normal pada pagi hari 203.56  $\mu\text{A}$ , siang 167  $\mu\text{A}$ , malam 203.22  $\mu\text{A}$  dan nilai rata-rata arus bocor isolator inverted pada pagi hari 206.31  $\mu\text{A}$ , siang 166.28  $\mu\text{A}$ , malam 192.97  $\mu\text{A}$ . Sistem normal dihasilkan arus bocor tertinggi 203  $\mu\text{A}$ , dengan kelembapan 87,7 % dan suhu 21°C dan pada sistem inverted didapatkan arus bocor tertinggi 206  $\mu\text{A}$  dengan kelembapan 87,8 % dan suhu 20°C. Dapat disimpulkan arus bocor berbanding lurus dengan kelembapan semakin tinggi kelembapan maka arus bocor semakin tinggi, sedangkan arus bocor berbanding terbalik dengan suhu.*

**Kata Kunci :** arus bocor, inverted , isolator gelas , kelembapan, normal

### ABSTRACT

*The important electrical equipment in the distribution of electric power is an insulator. Research needs to be carried out to find out how big the leakage current is in the insulator and its environmental influence. Research measuring the leakage current of disc glass insulators for 35 days in the morning, afternoon and evening with normal and inverted installation and analysis using regression, correlation, covariance and PCA methods. The research results showed that the average value of leakage current for normal insulators in the morning was 203.56  $\mu\text{A}$ , afternoon 167  $\mu\text{A}$ , evening 203.22  $\mu\text{A}$  and the average value of leakage current for inverted insulators in the morning was 206.31  $\mu\text{A}$ , afternoon 166.28  $\mu\text{A}$ , evening 192.97  $\mu\text{A}$ . The normal system produced the highest leakage current of 203  $\mu\text{A}$ , with a humidity of 87.7% and a temperature of 21°C and the inverted system produced the highest leakage current of 206  $\mu\text{A}$  with a humidity of 87.8% and a temperature of 20°C. It can be concluded that the leakage current is directly proportional to humidity. The higher the humidity, the higher the leakage current, while the leakage current is inversely proportional to temperature.*

**Keywords :** glass insulator, humidity, inverted, leakage current, normal

## 1. PENDAHULUAN

Untuk menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen diperlukan saluran transmisi yang berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkit sampai ke gardu-gardu induk. Tenaga listrik kemudian disalurkan kepada konsumen melalui saluran distribusi. Untuk mendapatkan sebuah sistem tenaga listrik yang handal, maka diperlukan peralatan- peralatan listrik yang handal pula **(Waluyo, 2010)**. Salah satu alat proteksi yang digunakan dalam sistem tenaga listrik adalah Isolator. Isolator adalah alat listrik yang digunakan untuk memisahkan secara elektrik dua buah atau lebih pengantar yang berdekatan sehingga tidak terjadinya kebocoran arus atau dalam hal gradien tinggi, lompatan api. Isolasi adalah salah satu dari beberapa persoalan yang penting dalam teknik listrik khususnya pada pengoperasian tegangan tinggi. Apabila isolator gagal menjalankan fungsinya maka akan terjadi kegagalan tegangan dan hal ini tidak diinginkan **(Syam, 2020)**.

Isolator yang banyak digunakan pada saat ini adalah isolator keramik dan isolator kaca. Kelebihan dari isolator keramik dan isolator kaca ini adalah harganya yang murah, tetapi mempunyai kekurangan yaitu mempunyai rapat massa tinggi sehingga dalam penggunaannya akan membebani menara transmisi karena berat isolator dan memerlukan suhu pembuatan yang tinggi (lebih dari 10000C) sehingga memerlukan energi yang besar untuk pembuatannya. Oleh karena itu, sejak 30 tahun lalu telah dikembangkan isolator dengan bahan polimer yang mempunyai nilai lebih dibandingkan dengan isolator bahan keramik dan kaca. Bahan isolasi polimer memiliki keuntungan antara lain: sifat dielektris, sifat termal lebih baik, konstruksi relatif lebih ringan, kedap air (hidrophobik), proses pembuatan relatif lebih cepat, dapat dibuat pada suhu ruang tergantung pada pemilihan bahan pengerasnya. Dan salah satu bahan polimer yang digunakan untuk isolator adalah Resin Epoksi **(Berahim, 2005)**. Masalah utama dalam pendistribusian energi listrik sering terjadinya kegagalan dalam saluran transmisi maupun distribusi yang diakibatkan oleh flashover yang terjadi dikarenakan pengotoran permukaan isolator maupun keretakan mekanis pada isolator **(Mokhammad, 2016)**.

Isolator gelas merupakan salah satu jenis isolator keramik yang masih sering digunakan disalurkan transmisi tegangan tinggi karena banyak keuntungan seperti sifat elektromekanis superior dan lebih mudah operasi pemeliharaan **(Mousa, 2017)**. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses kegagalan isolator pasangan luar (outdoor insulator) adalah pengotoran yang terjadi pada permukaannya. Pengotoran tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana isolator tersebut ditempatkan adanya pengotoran akan menyebabkan kenaikan arus bocor. Arus bocor akan mengakibatkan rugi- rugi energi listrik dan meningkatkan degradasi permukaan isolator yang pada jangka lama dapat menyebabkan kegagalan isolasi **(Masayuki, 2000)**.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan **(Khoir, 2021)** dalam penelitiannya yang berjudul " Analisis Besar Dan Pola Arus Bocor Isolator Gelas Dan Polimer Terhadap Waktu Pemakaian Outdoor " dianalisis faktor lingkungan (suhu, kelembapan, polutan dan intensitas cahaya) yang paling mempengaruhi arus bocor isolator serta THD isolator pada waktu siang dan malam dengan pengambilan data setiap 3 jam. Yang membedakan dengan penelitian yang ini adalah pengamatan pada arus bocor yang terjadi pada isolator dengan pengaruh lingkungan hanya menggunakan suhu dan kelembapan serta pengambilan data 3 kali dalam satu hari (pagi, siang dan malam pada isolator gelas dengan metode pemasangan normal dan inverted. Penelitian ini dilaksanakan selama 35 hari dengan pengambilan data setiap pagi, siang dan malam. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh hubungan antara arus bocor terhadap suhu

dan terhadap kelembapan untuk isolator gelas normal dan inverted.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini, dimulai dari studi literatur penulis mencari, mempelajari dan mengumpulkan teori serta bahan-bahan yang mendukung bagi penulis untuk menunjang penelitian ini.

### 2. 1. Studi Literatur

Dalam proses studi literatur, penulis mengumpulkan beberapa teori yang dapat menunjang materi kerja praktek yang penulis bahas dan mempelajari literatur yang berhubungan untuk mendapatkan data dan teori yang bisa dijadikan pembandingan dalam masalah ini.

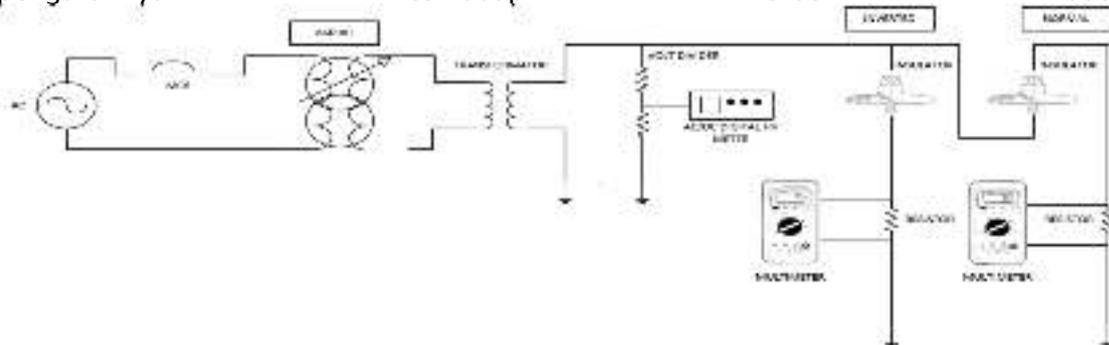
### 2. 3. Alat-alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Isolator Gelas
- Volt Divider
- Transformator (11,5 kV)
- Resistor (10 k $\Omega$  )
- Variac
- Multimeter
- Miniature Circuit Breaker

### 2. 4. Pengumpulan Data Arus Bocor

Pengambilan data arus bocor isolator dilakukan dengan memberikan tegangan nominal 11,5 kV. Penelitian bertujuan untuk mengetahui arus bocor pada isolator gelas dengan metode pemasangan normal dan inverted selama 35 hari. Oleh karena itu pengukuran dilakukan setiap pagi, siang dan malam. Pada setiap pengukuran arus bocor, dilakukan juga pengukuran parameter lingkungan yaitu kelembapan dan suhu untuk melihat pengaruhnya terhadap arus bocor.



**Gambar 1. Rangkaian pengukuran**

Gambar 1 menunjukkan rangkaian pengukuran arus bocor. Arus bocor yang mengalir di permukaan isolator diukur dengan mengambil data tegangan yang melalui variable resistor seri melalui multimeter yang selanjutnya diolah melalui komputer. Kemudian untuk mengetahui tegangan yang masuk ke isolator, tegangan sumber juga diukur yaitu melalui volt divider yang terpasang sebagai pembagi tegangan sehingga dapat terbaca.

## 2. 5. Pengolahan Data Arus Bocor

Analisis regresi adalah kumpulan teknik statistik yang berfungsi sebagai dasar untuk menarik kesimpulan tentang hubungan antara variabel yang saling terkait, bisnis dan teknik (Golberg & Cho, 2012). Umumnya regresi ini memiliki persamaan (1).

$$y = \alpha + \beta \times x \quad (1)$$

Korelasi dan kovarian, keduanya memiliki hubungan yang erat karena sama-sama menganalisis dua buah variabel tetapi korelasi memiliki standarisasi nilai di mana rentang -1 hingga 1 yaitu jika dua variabel searah dan bernilai 1 artinya memiliki hubungan yang sangat kuat sedangkan jika -1 adalah sebaliknya tetapi sangat kuat juga hubungannya. Korelasi 0,0 menunjukkan tidak ada hubungan antara kedua variabel (Drapper & Smith, 1992), rumus korelasi untuk perhitungan hubungan dua buah variabel adalah dalam persamaan (2).

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \quad (2)$$

Interprestasi informal untuk korelasi yang signifikan secara statistik dari berbagai ukuran dapat ditunjukkan pada Tabel 1 berikut (Colin & Kevin, 2002).

**Tabel 1. Interpretasi korelasi**

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00-0,10	Sangat Rendah
0,20-0,40	Rendah
0,40-0,70	Sedang
0,70-0,90	Kuat
0,90-1	Sangat Kuat

Analisis kovarian merupakan suatu teknik yang mengkombinasikan analisis variansi dengan analisis regresi yang dapat digunakan untuk perbaikan ketelitian suatu percobaan (Kutner dkk, 2005).

Rumus kovarian untuk perhitungan kombinasi dua buah variabel adalah dalam persamaan (3).

$$\text{cov}(x, y) = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n} \quad (3)$$

Kemudian setelah itu menganalisis PCA (Principal Component Analysis) untuk mereduksi data yang ada untuk lebih mengetahui faktor mana yang lebih dominan dalam bentuk koordinat yang baru. Metode PCA mampu mempertahankan sebagian besar informasi yang diukur

dengan menggunakan sedikit peubah yang menjadi komponen utamanya saja. Pengolahan data pada PCA menggunakan software minitab 19. Untuk mengetahui nilai presentase yang dapat diserap dari variansi data yang ada dapat menggunakan persamaan (4).

- Hitung matriks kovarian dengan menggunakan persamaan (4):

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n-1} \quad (4)$$

- Hitung nilai eigen dengan menggunakan persamaan (5):

$$(A - \lambda I) = 0 \quad (5)$$

- Hitung vektor eigen dengan menggunakan persamaan (6):

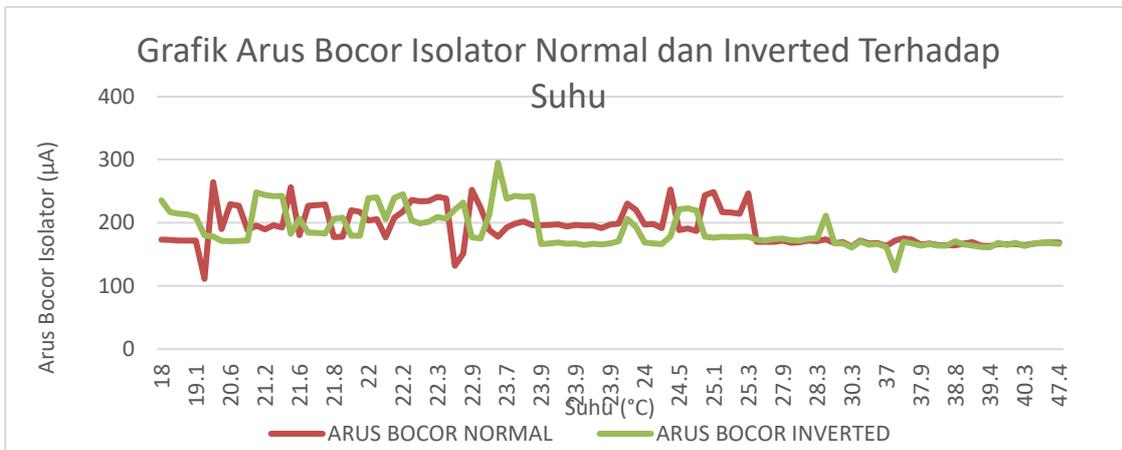
$$[A - \lambda I] [X] = [0] \quad (6)$$

### 3. HASIL DAN ANALISIS

Data yang didapat dari 105 pengambilan data selama 35 hari kemudian diolah. Hasil pengukuran diambil dari sampel data kemudian di analisis menggunakan metode regresi, korelasi, kovarian.

#### 3.1. Grafik Arus Bocor

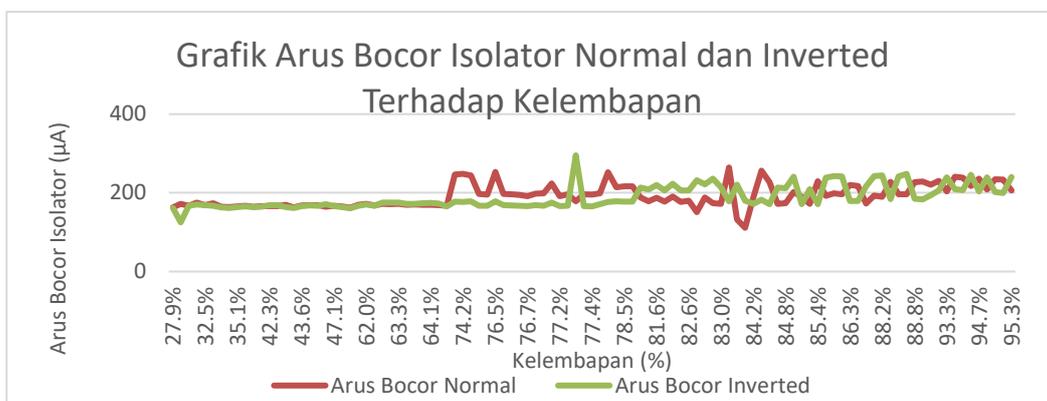
##### 3.1.1. Grafik Arus Bocor Isolator posisi Normal dan Inverted Terhadap Suhu



**Gambar 2. Grafik arus bocor terhadap suhu pada isolator posisi normal dan inverted**

Gambar 2 menunjukkan bahwa grafik arus bocor terhadap suhu pada sistem normal yang dihasilkan suhu berbanding terbalik dengan nilai arus bocor, maka semakin tinggi suhu semakin rendah nilai arus bocor yang dihasilkan dan sistem normal memiliki nilai yang lebih rendah.

##### 3.1.2. Grafik Arus Bocor Terhadap Kelembapan



**Gambar 3. Grafik arus bocor terhadap Kelembaban pada isolator posisi normal dan inverted**

Gambar 3 menunjukkan bahwa grafik arus bocor terhadap kelembaban pada sistem normal yang dihasilkan suhu berbanding lurus dengan nilai arus bocor, maka semakin tinggi kelembaban semakin tinggi nilai arus bocor yang dihasilkan dan sistem normal memiliki nilai yang lebih tinggi.

**Tabel 2. Perbandingan Rata-rata Arus Bocor Isolator Pemasangan Normal dan inverted**

Waktu	Arus Bocor Normal ( $\mu\text{A}$ )	Arus Bocor Inverted ( $\mu\text{A}$ )	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kelembaban (%)
Pagi	203.56	206.31	21.2	87.8%
Siang	167	166.28	20	87,8
Malam	203.22	192.97	24.	79.4%

Tabel 2 merupakan perbandingan arus bocor yang di dapat dari penelitian yang pemasangan isolator nya di pasang secara normal dan inverted serta pengaruh terhadap parameter lingkungan berupa suhu dan kelembaban. Hasil penelitian didapat nilai rata-rata arus bocor isolator normal pada pagi hari 203.56  $\mu\text{A}$ , siang 167  $\mu\text{A}$ , malam 203.22  $\mu\text{A}$  dan nilai rata-rata arus bocor isolator inverted pada pagi hari 206.31  $\mu\text{A}$ , siang 166.28  $\mu\text{A}$ , malam 192.97  $\mu\text{A}$ .

**Tabel 3. Perbandingan Arus Bocor Isolator Pemasangan Normal dan Inverted**

Pemasangan Isolator	Analisis	Suhu	Kelembaban
Normal	Kovarian	-5,84	0,098
Inverted	Korelasi	-,0314	0,495

Tabel 3 merupakan hasil nilai analisis penelitian menggunakan metode korelasi dan kovarian, nilai minus menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik antar variable dan nilai plus menunjukkan hubungan antar variable yang berbanding lurus, maka didapat nilai minus pada suhu menunjukkan bahwa suhu berbanding terbalik dengan arus bocor, dan nilai plus pada kelembaban menunjukkan bahwa kelembaban berbanding lurus dengan arua bocor, kelembaban naik maka arus bocor pun akan naik dan berbanding terbalik dengan suhu terhadap arus bocor.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil dari pengujian pengukuran arus bocor pada isolator gelas sangat terpengaruh oleh lingkungan sekitar, dimana arus bocor memiliki sifat berbanding lurus dengan kelembapan, di saat kelembapan tinggi maka arus bocor akan semakin tinggi, sedangkan arus bocor terbalik dengan suhu, di saat suhu tinggi maka arus bocor akan semakin kecil, dimana arus bocor tertinggi pada sistem normal di dapat 203  $\mu\text{A}$  dengan kelembapan 87,7 % dan suhu 21 $^{\circ}\text{C}$ , pada sistem inverted di dapat arus bocor tertinggi

206  $\mu\text{A}$  dengan kelembapan 87,8 % dan suhu 20°C. Pada analisis regresi sistem normal pengaruh suhu dan kelembapan memiliki keterkaitan dengan nilai  $R^2$  0,2194 dan regresi eksponensial sistem inverted arus bocor normalisasi terhadap kelembapan dan suhu, didapat bahwa nilai  $R^2$  0,7588. Pada analisis arus bocor covarian pada isolator normal, dimana suhu memiliki nilai negatif sebesar -5,84 dan kelembapan memiliki nilai positif 0,098. Pada isolator sistem inverted memiliki nilai negatif sebesar -0,314 dan nilai positif sebesar 0,495, dimana nilai negatif menyatakan besar nilai antar variabel saling bertolak belakang dan jika positif menyatakan besar nilai antar variabel saling berbanding lurus di mana untuk arus bocor isolator berkorelasi kuat dengan suhu dan kelembapan. Pada metode analisis korelasi dari parameter suhu dan kelembapan didapatkan nilai korelasi dari dua variabel suhu dan arus bocor tertinggi 0,532 dan nilai korelasi dari dua variabel kelembapan dan arus bocor 0,603, dari nilai yang didapatkan dapat disimpulkan kelembapan memiliki keeratan yang lebih tinggi dari pada suhu, dan ini juga dikarenakan pada isolator gelas memiliki sifat mengkondensir (menggembun) kelembapan udara, sehingga kelembapan dan suhu sangat mempengaruhi arus bocor. Dengan nilai arus bocor tertinggi pada sistem normal dan inverted memiliki perbandingan 3  $\mu\text{A}$  sampai 5  $\mu\text{A}$  dapat di simpulkan bahwa pemasangan isolator gelas dengan sistem normal memiliki ketahanan yang lebih baik dari pemasangan sistem inverted.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Berahim, H. (2005). Disertasi : Fakultas Ilmu Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada. *Metodologi Untuk Mengkaji Kinerja Isolasi Polimer Resin Epoksi Silane Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi di Daerah Tropis*. Retrieved from repository.ugm: <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/27261>
- Drapper, N. &. (1992). Analisis Regresi Terapan. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Golberg, M. A. (2012). *Introduction to Regression Analysis*. Retrieved from witpress: <https://www.witpress.com/books/978-1-85312-624-6>
- Khoir, M. (2021). *ANALISIS BESAR DAN POLA ARUS BOCOR ISOLATOR GELAS DAN POLIMER TERHADAP WAKTU PEMAKAIAN OUTDOOR*. Retrieved from itenas repository: <https://eprints.itenas.ac.id/1555/>
- Masayuki, H. K. (2000). Ptceedings of The 6th Intemational Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials. *Separate Measurement of Conductive and Pulsive Components of Leakage Current of porcelain and polymeric materials for outdoor insulators*.
- Mokhamad, I. (2016). Jember: Universitas Jember. *Pengaruh Polutan Garam Terhadap Tegangan Flashover Pada Isolator Berbahan Keramik Dan Polimer Menggunakan Metode Slow Rate Of Rise Test*.
- Mousa, M. I.-A. (2017). Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Vol. 6, No. 3. *Leakage Current Based Thermal Modeling of Glass Disc Insulator Surface*.

Analisis Arus Bocor pada Isolator Disc Glass secara Normal dan Inverted

Syam, H. K. (2020). Skripsi. Makasar: Universitas Hasanuddin. *"Pengaruh Polutan Terhadap Flashover Pada Isolator Porselin, Gelas dan Polimer.*

Waluyo. (2010). Tugas Akhir, Bengkulu : Universitas Bengkulu. *"Pengaruh Komposisi Bahan Isolasi Resin Epoksi Dengan Bahan Pengisi Rice Husk Ash (RHA) Terhadap Arus Bocor Dengan Metode IEC 587.*