Analisis Perbandingan Arus Bocor Isolator *Disc porcelain* secara Tunggal dan Ganda Paralel

ADITYA JAYA PRATAMA[1*], WALUYO[2]

[1,2]Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: adityap.ap81@mhs.itenas.ac.id

Received 01 09 2023 **|** *Received* 08 09 2023 **|** *Accepted* 08 09 2023

ABSTRAK

Isolator biasanya dipasang diruang terbuka, maka perlu di lakukan pengetesan terhadap isolator dengan berbagai macam kondisi pemasangan dan waktu yang berbeda. Tujuan dari kegiatan ini untuk memperoleh pengaruh faktor lingkungan yang dominan terhadap kinerja isolator. Penelitian ini dilakukan selama 35 hari serta memperhatikan kondisi suhu dan kelembapan. Pemasangan isolator mengggunakan isolator jenis cakram serta menggunakan resistor sebesar 20kΩ. Data arus bocor isolator tunggal dan paralel yang didapat saat pagi hari 130,200 µA dan 289,500µA, suhu 19,6°C dan kelembapan 84,6%, saat siang hari 117,850µA dan 173,000µA, suhu 42°C dan kelembapan 32,3%, saat malam hari 209,500µA dan 452,000µA, suhu 22,2°C dan kelembapan 92,3%. Pada saat suhu lingkungan semakin besar maka arus bocor yang terjadi pada isolator semakin kecil, sedangkan saat kelembapan lingkungan semakin besar maka arus bocor yang terjadi pada isolator semakin besar. Parameter yang paling berpengaruh dan dominan dalam pembentukan arus bocor kedua isolator adalah suhu-kelembapan dengan nilai korelasi tertinggi.

***Kata kunci**: Isolator, Suhu, Kelembapan, Arus Bocor, Lingkungan.*

ABSTRACT

Insulators are usually installed in open spaces, so it is necessary to test the insulator with various installation conditions and different times. The purpose of this activity is to obtain the impact of dominant environmental factors on insulator performance. This research was held for 35 days and took into attention the temperature and humidity conditions. The insulator installation uses a disk type insulator and uses a 20kΩ resistor. Single and parallel insulator leakage current data obtained in the morning 130,200µA and 289,500µA, temperature 19.6°C and humidity 84.6%, in the afternoon 117,850µA and 173,000µA, temperature 42°C and humidity 32.3%, in the evening 209,500µA and 452,000µA, temperature 22.2°C and humidity 92.3%. When the environmental temperature is getting bigger, the leakage current that occurs in the insulator is getting smaller, while when the environmental humidity is getting bigger, the leakage current that occurs in the insulator is getting bigger. The most significant and dominant parameter in forming the leakage current of both insulators is temperature-humidity with the highest correlation value.

***Keywords**: Insulator, Temperature, Humidity, Leakage Current, Environmental.*

1. PENDAHULUAN

Isolator merupakan salah satu komponen sistem tenaga lstrik yang berfungsi untuk mengisolasi konduktor jaringan bertegangan dengan tiang penyangga atau menara (tower). Bahan yang sering digunakan untuk isolator tegangan tinggi terbuat dari bahan keramik dan gelas. Kelebihan bahan isolasi keramik dan gelas adalah kapasitas panas yang baik dan konduktivitas panas yang rendah, tahan korosi, keras dan kuat. Namun, bahan isolasi keramik dan gelas memiliki kelemahan dari segi mekanis yaitu berat dan permukaannya yang bersifat menyerap air (*hygroscopic)* sehingga lebih mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan lewat denyar (*flashover*) **(Arismuandar, 2004).**

Pemasangan isolator secara tunggal berfungsi untuk menyekat atau mengisolasi antara kawat fasa dengan tanah dan kawat fasa lainnya, menahan berat dari konduktor atau kawat penghantar, mengatur jarak dan sudut antar konduktor atau kawat penghantar serta menahan adanya perubahan pada kawat penghantar akibat temperatur dan angin. Pemasangan isolator ganda paralel di gunakan saat dimana tegangan pada saluran transmisi sangat tinggi dan ketika ada jalan buntu atau ada sudut tajam di saluran transmisi, saluran harus menopang beban tarik konduktor atau regangan yang besar, dikarenakan seiring waktu berjalan dan berubah-ubahnya setiap harinya, tingkat kelembapan dan suhu yang terjadi karena kabut, hujan, dan pergantian siang dan malam juga berubahubah yang membuat tingkat konduktivitas di permukaan isolator yang menurunkan properti dielektrik dan dapat menyebabkan kegagalan kerja dari isolator itu sendiri **(PT. PLN (Persero), 2014).**

Isolator mempunyai sifat atau kemampuan untuk dapat memisahkan secara elektris dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan, sehingga tidak terjadi tegangan lewat denyar / arus bocor. Penggunaan isolator banyak dijumpai pada transmisi hantaran udara, juga dijumpai pada jaringan distribusi hantaran udara, gardu induk, dan panel pembagi daya. Bila isolator dibuat pada hantaran udara maka isolator akan terkena polutan yang dibawa oleh angin dan sewaktu-waktu akan terjadi arus bocor, dan tegangan lewat denyar **(Bayliss, 2012).**

Secara mekanis isolator harus kuat menahan beban yang dibebankan pada isolator tersebut, sedangkan secara elektrik harus mampu memisahkan dua bagian yang bertegangan sehingga tidak terjadi kebocoran arus dan hubung singkat atau dalam skala yang lebih tinggi tidak terjadi lompatan listrik (flash-*over*). Isolator dalam pemakaianya mengalami penuaan yang diakibatkan oleh pengaruh lingkungan sekitar, seperti adanya perubahan suhu, iklim, radiasi sinar matahari (UV) dan lain sebagainya **(Ali, 2017).**

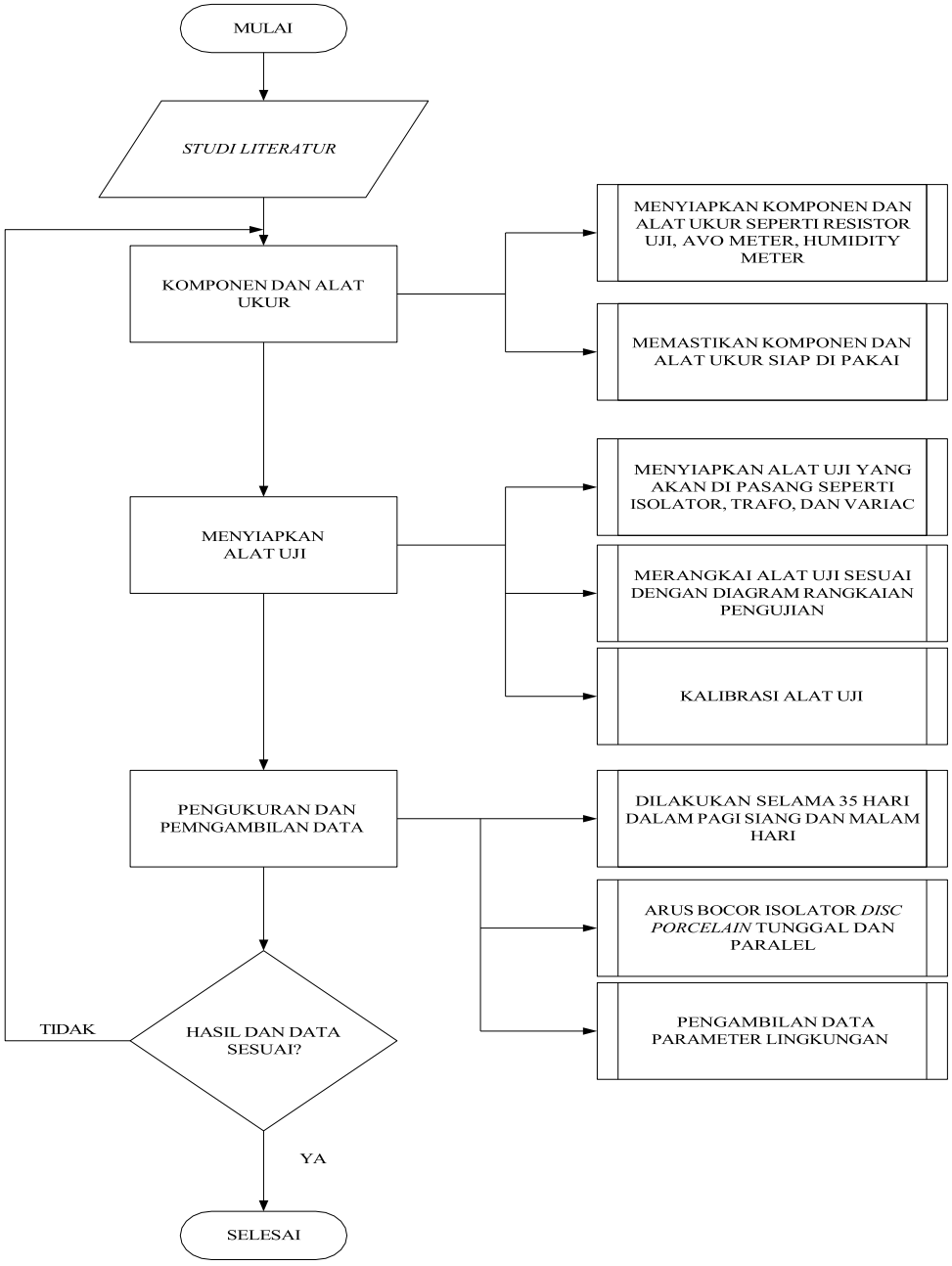
Ada dua kejadian yang dapat menyebabkan isolator gagal melaksanakan fungsinya yakni terjadinya tembus listrik pada udara di sekitar permukaan isolator (*flashover*) dan tembus listrik yang menyebabkan isolator pecah (break down). *Flashover* atau proses pelepasan muatan (*discharge*) yang merayap pada bidang batas tergantung pada tahanan permukaan isolator dan bentuk isolatornya **(Tobing, 2012).**

Flashover adalah gangguan yang terjadi berupa loncatan api yang terjadi antar isolator atau komponen listrik tegangan tinggi. Terjadinya *flashover* menyebabkan kerusakan pada isolator oleh karena panas yang dihasilkan busur di sepanjang permukaan isolator. Oleh sebab itu isolator harus dibuat sedemikian rupa sehingga tegangan pada rongga kecil lebih tinggi dari pada tegangan yang menyebabkan *flashover* **(Vosloo, 2008).** Dalam penelitian ini penulis lebih fokus kepada analisis arus bocor yang terjadi pada isoalator *disc porcelain*. Dan juga menganalisis nilai arus bocor pada waktu pagi, siang, malam dan melihat pengaruh yang terjadi pada nilai dengan suhu dan kelembapan lingkungan sekitar yang berbeda.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menjelaskan tentang proses penelitian terhadap arus bocor isolator, hingga proses pengambilan data dan analisi data yang di dapat.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Arus Bocor Isolator

Gambar 1 menunjukkan langkah langkah yang dilakukan saat melakukan penelitian ini mulai dari *studi literatur*, menyiapkan komponen dan alat ukur yang dipakai saat penelitian, perakitan alat uji sesuai dengan diagram rangkaian yang telah dibuat, pengukuran arus bocor pada isolator yang diteliti selama 35 hari dan mendapat data suhu, kelembapan, dan arus bocor isolator. pengolahan data berdasarkan analisis yang dipakai, pembuatan laporan penelitian.

2.2. Metode Penelitian

Pengujian dan pengukuran pada penelitian ini dilakukan dengan berbagai kondisi lingkungan dan dilakukan pada setiap isolator. Isolator uji ini akan diletakan diluar ruangan agar terdampak oleh lingkungan secara langsung selama 35 hari. Kemudian dilakukan pengukuran pada setiap isolator dengan rentang waktu 3 kali dalam satu hari yaitu pagi, siang, dan malam.

2.3. Komponen dan Alat Ukur

- Isolator

Isolator yang digunakan dalam penelitian ini yaitu isolator jenis gantung (porcelain disc insulator), yang bekerja ditegangan menengah sekitar 11,5 kV.

- Sumber Tegangan

Sumber tegangan yang digunakan untuk memberikan potensial listrik pada penelitian ini adalah sumber tegangan dari PLN sebesar 220 V.

- Transformator

Transformator yang digunakan pada penelitian ini adalah transformator step-up guna untuk menaikan tegangan dari 220 V menjadi 11,5 kV.

- Resistor

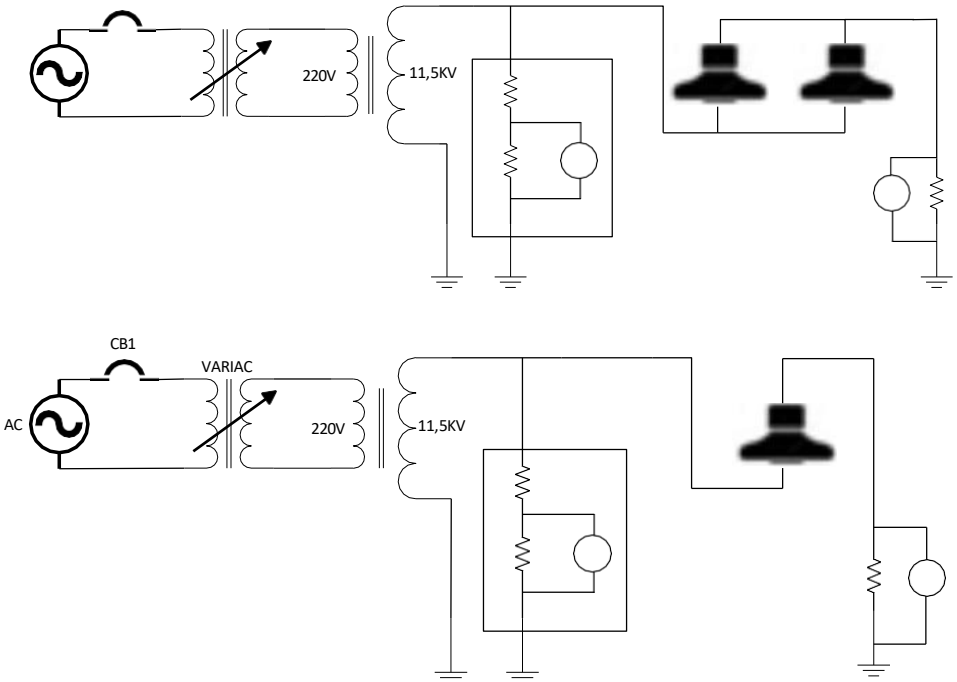
Resistor digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui dan mendapatkan nilai arus bocor pada isolator piring

- Alat ukur

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini yaitu avometer dan alat ukur untuk mengukur suhu, dan kelembapan ruang

2.3. Rangkaian Pengujian

Pada tahap ini, komponen – komponen yang sudah disiapkan kemudian akan dirakit sedemekian rupa sehingga sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan. Isolator piring yang akan diamati dipasang menggantung dan seolah olah berada pada ketinggian, Setelah alat uji sudah selesai dirancang kemudian dihubungkan pada komponen pendukung lainnya.



Gambar 2. Rangkaian Pengukuran Arus Bocor Isolator *Disc porcelain*

Pada Gambar 2, menunjukkan rangkaian diagaram isolator tunggal dan parallel dimana sumber tegangan utamanya adalah sumber tegangan AC, tegangan AC masuk ke variac untuk diatur tegangan nya menjadi 220V selanjut nya tegangan 220V akan di step-up oleh trafo hingga 11,5kV lalu tegangan keluaran trafo akan di baca oleh voltage divider setelahnya disambungkan dengan bagian fasa isolator agar isolator menerima tegangan, dan bagian grounding isolator akan di hubungkan dengan resistor terlebih dahulu sebelum di sambungkan ke pentanahan agar tegangan lewat menuju ke grounding dapat terbaca oleh alat ukur.

2.4. Pengumpulan Data

Data yang akan diambil pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Nilai rata – rata arus bocor saat pagi, siang, dan malam, pada pemasangan tunggal dan parallel

2. Pengukuran parameter lingkungan yang berpengaruh terhadap isolator; temperatur lingkungan, dan kelembapan lingkungan.

3. DATA DAN ANALISIS

3.1. Data Penelitian

Saat pengukuran, dilakukan pengambilan data arus bocor yang terjadi pada isolator. Pengukuran dilakukan 3 kali dalam satu hari yaitu saat pagi, siang, dan malam hari. Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Arus Bocor Isolator

Jenis Pemasangan Isolator	Waktu	Arus Bocor Rata - Rata Isolator (μA)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)
Tunggal	6:00	130,200	19,6	84,6
	13:00	117,850	42	32,3
	23:00	209,500	22,2	92,3
Paralel	6:00	289,500	19,6	84,6
	13:00	173,000	41,5	32,8
	23:00	452,000	22,2	92,3

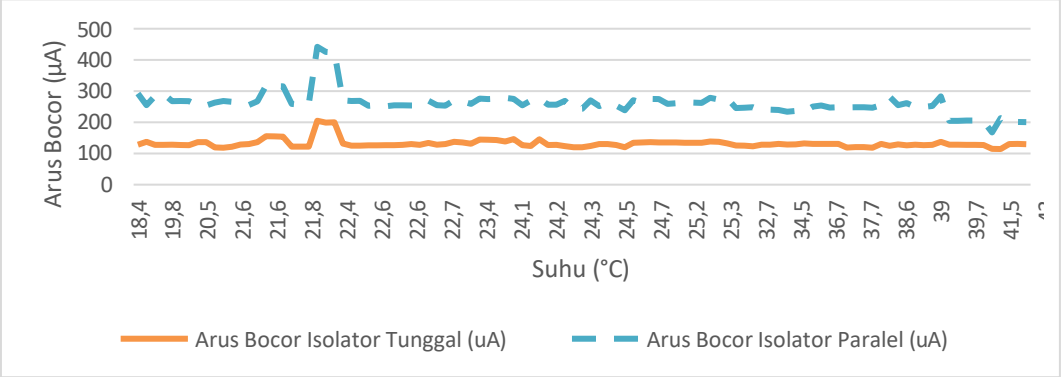
Pada Tabel 1, menunjukkan bahwa arus bocor tertinggi terjadi pada pukul 23:00 malam hari di mana kelembapan yang terjadi merupakan hasil tertinggi, sementara arus bocor terendah terjadi pada pukul 13:00 siang hari di mana suhu yang terjadi merupakan hasil tertinggi.

3.2. Pengaruh Lingkungan terhadap Arus Bocor Isolator

Pada penelitian ini digunakan beberapa metode pengolahan data untuk mengetahui pengaruh parameter lingkungan yang berpengaruh pada arus bocor isolator.

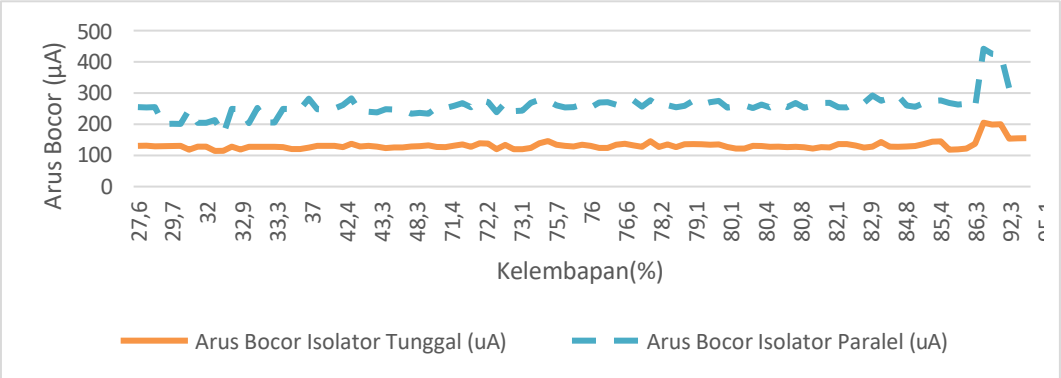
3.2.1. Pengaruh Suhu dan Kelembapan terhadap Arus Bocor

Berikut ini adalah grafik yang menunjukkan keterkaitan antara arus bocor isolator tunggal dan paralel terhadap parameter lingkungan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Grafik Arus Bocor terhadap Suhu

Gambar 3, menunjukkan bahwa arus bocor dengan nilai yang tinggi adalah isolator paralel, dan yang rendah adalah isolator tunggal dengan perbedaan nilai sebesar 200,000μA, nilai tertinggi dari isolator paralel sebesar 442,007μA dan nilai isolator tunggal sebesar 204,868μA, dari grafik ini pun dapat dilihat bahwa kedua isolator mengalami kenaikan arus bocor paling besar pada suhu diantara 21,8-22,4°C, ketika suhu lingkungan semakin besar maka arus bocor yang terjadi pada isolator semakin kecil.



Gambar 4. Grafik Arus Bocor terhadap Kelembapan

Gambar 4, menunjukkan bahwa arus bocor dengan nilai yang tinggi adalah isolator paralel, dan yang rendah adalah isolator tunggal perbedaan nilai sebesar 200,000µA, nilai tertinggi dari isolator paralel sebesar 442,007µA dan nilai isolator tunggal sebesar 204,868µA, dari grafik ini pun dapat dilihat bahwa kedua isolator mengalami kenaikan arus bocor paling besar pada kelembapan diantara 92,3%-95,1%, ketika kelembapan lingkungan semakin besar maka arus bocor yang terjadi pada isolator semakin besar.

3.2.2. Korelasi dan Kovariansi Parameter Lingkungan terhadap Arus Bocor

Korelasi dimana dapat menentukan pola hubungan antara beberapa parameter-parameter pembentukan dari arus bocor isolator dan juga komponen-komponen pada arus bocor. Jika bernilai mendekati atau sama dengan (-1) berarti mempunyai hubungan yang sangat kuat tetapi berlawanan dengan konstanta awal, jika mempunyai nilai mendekati atau sama dengan (+1), maka mempunyai hubungan yang sangat kuat dan linear dengan konstanta awal. kovariansi ini hampir sama dengan korelasi hanya saja untuk kovarisansi menunjukkan seberapa besar perubahan yang terjadi antara variabel.
Berikut ini data hasil analisis koefisien korelasi dan kovariansi arus bocor terhadap parameter lingkungan yang di dapat melalui perhitungan dengan aplikasi Minitab19 dapat di lihat pada Tabel 2.

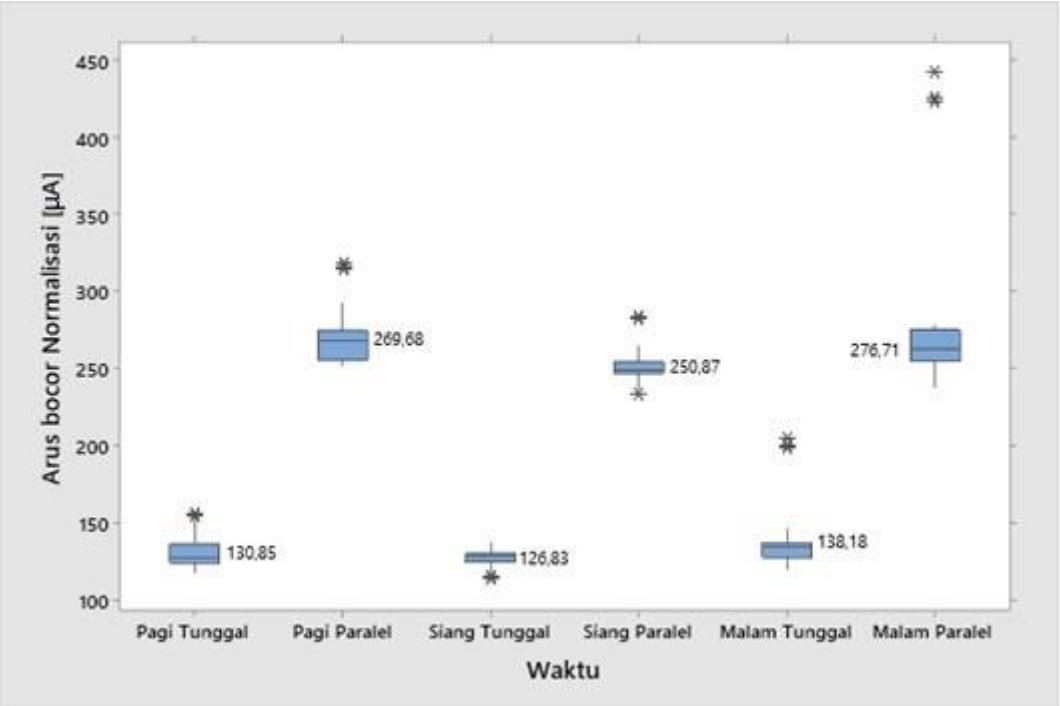
Tabel 2. Nilai Korelasi dan Kovariansi Parameter Lingkungan terhadap Arus Bocor

PEMASANGAN ISOLATOR	SUHU		KELEMBAPAN		WAKTU
	KORELASI	KOVARIANSI	KORELASI	KOVARIANSI	
TUNGGAL	-0,004	-0,05	0,717	31,50	PAGI
PARALEL	-0,199	-5,86	0,701	55,49	
TUNGGAL	-0,099	-1,46	0,226	7,87	SIANG
PARALEL	-0,488	-37,14	0,300	53,31	
TUNGGAL	-0,389	-8,60	0,851	96,96	MALAM
PARALEL	-0,415	-21,86	0,861	234,21	

Pada Tabel 2, memperlihat kan bahwa nilai korelasi dan kovariansi suhu bernilai negatif yang berarti nilai arus bocor berbanding terbalik dengan suhu, lalu nilai korelasi dan kovariansi kelembapan bernilai positif yang berarti nilai arus bocor berbanding lurus dengan kelembapan. Nilai korelasi dan kovariansi tertinggi adalah saat malam hari ini artinya parameter lingkungan dan arus bocor memiliki hubungan yang sangat kuat sehingga saling mempengaruhi satu sama lainnya.

3.2.3. Analisis Box Plot Arus Bocor Isolator terhadap Waktu

Analisis boxplot dipakai untuk melihat variasi rata – rata nilai arus bocor selama 35 hari pada isolator dengan pemasangan tunggal dan parallel, interval data yang di masukkan pada box plot yaitu 3 kali pengukuran dalam sehari dimulai dari pagi, siang, hingga malam, yang di tampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Boxplot Arus Bocor pada Isolator

Gambar 5, menunjukkan rata – rata nilai arus bocor pada isolator tunggal saat pagi hari adalah 130,85 µA, untuk siang hari 126,83 µA, dan malam hari 138,18 µA, rata – rata nilai arus bocor pada isolator parallel saat pagi hari adalah 269,68 µA, siang hari 250,87 µA, dan untuk malam hari 276,71 µA. nilai rata – rata tertinggi untuk isolator tunggal dan paralel adalah saat malam hari dengan nilai 134,23 µA dan 276,71 µA, hal ini disebabkan karena pada malam hari suhu mencapai titik terendah, dan kelembapan berada di puncak nya sehingga arus bocor bersifat demikian. Nilai arus bocor pada isolator dengan pemasangan tunggal lebih rendah di bandingkan dengan isolator dengan pemasangan paralel di karenakan berdasar kan teori rangkaian listrik pada pemasangan paralel, arus listrik pada rangkaian akan meningkat sedangkan pada rangkian seri arus listrik tidak berubah sama sekali (tidak meningkat) sebab itu lah kenapa arus bocor pada pemasangan isolator paralel lebih besar di bandingkan pada pemasangan isolator tunggal.

4. KESIMPULAN

1. Dari penelitian selama 35 hari arus bocor terbesar pada isolator tunggal berkisar pada nilai 209,500 µA pada jam 23:00 WIB dengan kondisi lingkungan suhu rendah dan tingkat kelembapan tinggi, lalu pada isolator parallel berkisar pada nilai 452,000µA pada jam 23:00 WIB di sebabkan tingkat kelembapan yang sangat tinggi.
2. Dari beberapa metoda analisis yang dipakai pada penelitian kali ini didapatkan bahwa parameter yang paling berpengaruh dan dominan dalam pembentukan arus bocor kedua isolator adalah suhu-kelembapan dengan nilai korelasi tertinggi pada angka 0,488 pada suhu di isolator paralel saat siang hari, lalu pada kelembapan nilai korelasi tertinggi ada pada angka 0,861 pada isolator parallel saat malam hari, dan juga kedua faktor ini saling berhubungan karena ketika suhu tinggi maka kelembapan akan turun begitupun sebaliknya, maka dari itu pengaruh kedua parameter tersebut adalah yang terbesar diantara parameter lain nya
3. Melihat parameter suhu dan kelembapan lingkungan terhadap isolator saat pagi, siang, dan malam hari, saat pagi hari nilai arus bocor mengalami kenaikan atau tinggi sebesar 130,200µA untuk isolator tunggal dan 289,500µA untuk isolator paralel di karenakan nilai suhu 19,6°C yang rendah menyebabkan kelembapan meninggkat dengan nilai 84,6%, sedangkan saat siang hari nilai arus bocor mengalami penurunan atau rendah sebesar 117,850µA untuk isolator tunggal dan 173,000µA untuk isolator paralel di karenakan terik matahari yang sangat mempengaruhi nilai suhu menjadi 42°C menyebabkan nilai kelembapan menurun menjadi 32,3%, sedangkan saat malam hari nilai arus bocor bisa di bilang stabil karena pada malam hari suhu mencapai titik terendah, dan kelembapan berada di puncak nya sehingga arus bocor bersifat demikian. Dilihat dari nilai beberapa metoda analisis yang dipakai, waktu terbaik untuk meneliti arus bocor adalah saat malam hari di karenakan arus yang mengalir melalui penghantar adalah saat beban puncak nya begitupun dengan parameter lingkungan, suhu yang terjadi adalah suhu puncak nya dan kelembapan yang terjadi menjadi kelembapan yang tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Ali, D. S. (2017). Analisi Arus Bocor pada Bahan Isolator Resin Epoksi Campuran Silicone Rubber dan Keramik Dengan Variasi Tegangan Menggunakan Metode Pengukuran Inclined-Plane Tracking. Jurnal TRANSIENT Vol. 6 (2), 09-16.

Arismuandar, A. (2004). Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik. Jakarta: PT Percetakan Penebar Swadaya.

Bayliss, D. C. (2012). Transmission and Distribution Electrical Engineering. Oxford: Elsevier Ltd.

PT. PLN (Persero). (2014). Buku Pedoman Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Tinggi dan Ekstra Tinggi (SUTT/SUTET). Jakarta: PT. PLN (Persero).

Tobing, B. L. (2012). Peralatan Tegangan Tinggi. Medan: Penerbit Erlangga.

Vosloo, W. L. (2008). The Practical Guide to High Volatge Insulators. South Africa: Stellenbosch University.