

Analisis Pengukuran Arus Bocor pada Isolator Epoxy Resin Tipe Post dengan Pemasangan Horizontal dan Vertikal

KEVIN ANANTA JAYA TANJUNG, WALUYO

Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: kananta789@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu komponen utama dari sistem transmisi dan distribusi adalah isolator. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kondisi lingkungan terhadap terjadinya arus bocor isolator epoxy resin dengan posisi vertikal dan horizontal. Penelitian dilakukan selama 35 hari (pagi, siang, dan malam) dengan menggunakan sistem AC (Alternating Current) dan dipasang secara vertikal dan horizontal. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode analisis regresi, korelasi, kovarian, dan PCA. Dengan memerhatikan kondisi lingkungan meliputi suhu dan kelembaban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka arus bocor yang dihasilkan akan semakin rendah, dan apabila semakin tinggi kelembaban maka arus bocor yang dihasilkan akan semakin tinggi. Nilai arus bocor terbesar yang didapat adalah pada pagi hari dengan pemasangan vertikal adalah $1,29 \mu\text{A}$ dengan suhu $23,4^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $72,8\%$. Sementara nilai arus bocor terendah didapat pada siang hari pada pemasangan horizontal dengan nilai $0,47 \mu\text{A}$ pada suhu $38,2^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $47,3\%$. Sedangkan pada pemasangan horizontal nilai arus terbesar adalah $1,24 \mu\text{A}$ dan terendah $0,45 \mu\text{A}$. Maka dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan dan posisi pemasangan isolator mempengaruhi besar kecilnya arus bocor yang dihasilkan.

Kata kunci: arus bocor, isolator epoxy resin, AC, vertikal, horizontal.

ABSTRACT

One of the main components of the transmission and distribution system is the insulator. The purpose of this study is to determine the effect of environmental conditions on the occurrence of leakage currents of epoxy resin insulators with vertical and horizontal positions. The research was conducted for 35 days (morning, afternoon, and night) using AC (Alternating Current) system and installed vertically and horizontally. Data processing was carried out using regression, correlation, covariance, and PCA analysis methods. By paying attention to environmental conditions including temperature and humidity. The results showed that the higher the temperature, the lower the leakage current, and the higher the humidity, the higher the leakage current. The largest leakage current value obtained is in the morning with vertical installation is $1.29 \mu\text{A}$ with a temperature of 23.4°C and humidity of 72.8% . While the lowest leakage current value is obtained during the day at horizontal installation with a value of $0.47 \mu\text{A}$ at a temperature of 38.2°C and a humidity of 47.3% . While in horizontal installation the largest current value is $1.24 \mu\text{A}$ and the lowest is $0.45 \mu\text{A}$. So it can

be concluded that environmental conditions and the installation position of the insulator affect the size of the resulting leakage current.

Keywords: *leakage current, epoxy resin insulator, AC, vertical, horizontal*

1. PENDAHULUAN

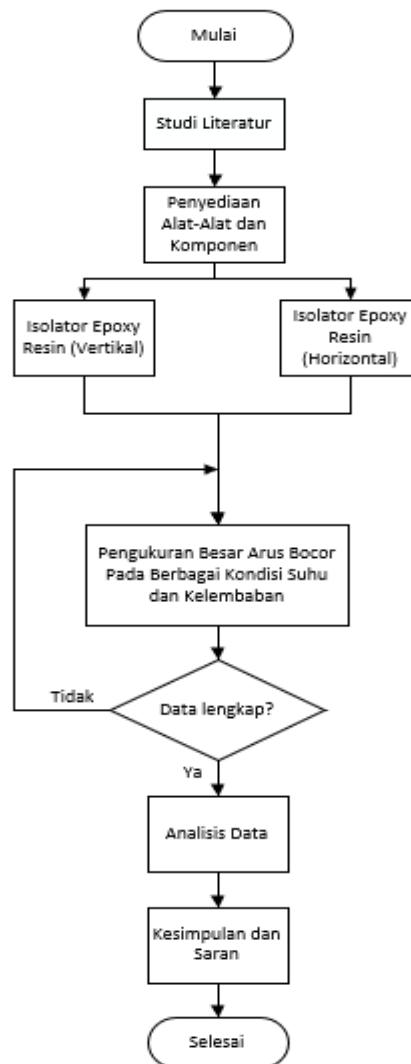
Kebutuhan energi listrik hari demi hari semakin meningkat, perlu dilakukannya suatu perencanaan dalam sistem ketenagalistrikan yang dapat menyediakan energi listrik yang handal. Keandalan suatu sistem tenaga listrik salah satunya ditopang oleh perencanaan sistem transmisi dan distribusi yang baik, dimana salah satu komponen utama dari sistem distribusi dan transmisi adalah isolator **(Fauziah dkk., 2019)**.

Masalah utama dalam pendistribusian energi listrik sering terjadinya kegagalan dalam saluran distribusi maupun transmisi adalah, adanya rugi-rugi daya yang hilang akibat dari arus bocor yang melalui isolator sebagai isolasi utama **(Jumari dkk., 2020)**. Isolator yang digunakan terbuat dari bahan keramik dan gelas. Keunggulan bahan isolasi keramik (*porcelain*) dan karet silikon (*silicone rubber*). Isolasi keramik (*porcelain*) yaitu memiliki kapasitas panas yang baik dan konduktivitas panas yang rendah, tahan korosi, keras dan kuat. Namun, bahan ini mempunyai kekurangan yaitu berat dan permukaannya dapat menyerap air sehingga lebih mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang akhirnya dapat menyebabkan lewat denyar (*flashover*) **(Syakur, 2012)**. Kemudian, karet silikon (*silicone rubber*) mempunyai sifat tolak air (*hydrophobic*) yang tinggi. Kelebihan dari bahan ini mempunyai sifat dielektrik yang sangat baik, ringan, serta mudah dalam pemasangannya **(Yuniarti, 2007)**.

Isolator dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu, isolator pasak (*pin type insulator*), isolator piring (*suspension insulator*), isolator pos saluran (*line post insulator*), isolator cincin (*spool type insulator*), dan isolator pos pin (*pin post insulator*) **(Jumari, 2020)**. Dalam beberapa kondisi pemasangan isolator terkadang ada yang dipasang pada posisi vertikal atau horizontal. Hal ini tentu besar kecilnya dapat mempengaruhi kondisi dan kinerja isolator. Dengan sudut pemasangan isolator rantai mulai dari 0°, 30°, 45°, 60°, dan 85°, didapat bahwa arus bocor ketika dihujani akan naik dan akan perlahan turun saat hujan berhenti. Pada saat hujan normal, arus bocor paling kecil didapat pada pemasangan isolator dengan sudut 0° (*suspense*), dan ketika hujan deras arus bocor paling kecil didapat pada pemasangan isolator dengan sudut 45°. Perubahan arus bocor yang paling besar setelah hujan terjadi pada pemasangan isolator dengan sudut pemasangan 85° **(Siregar, 2019)**.

Berdasarkan penjelasan diatas, penulis melakukan penelitian mengenai arus bocor pada isolator epoxy resin. Pada pengukuran ini dilakukan pengujian isolator dengan menggunakan kondisi pemasangan vertical dan horizontal yang sesuai dengan penggunaan dan konstruksi isolator, yaitu isolator pasak pin *type insulator* serta menggunakan resistor sebesar 100k ohm. Kemudian memerhatikan kondisi waktu pada pagi, siang, dan malam hari serta memerhatikan kondisi lingkungan, yaitu suhu dan kelembaban dimana keduanya merupakan parameter yang sangat erat korelasinya dengan perubahan arus bocor **(Fauziah dkk., 2019)**.

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari penelitian yang dilakukan, hal pertama yang dilakukan yaitu melakukan studi literatur sebelum dilakukannya penelitian. Setelah itu menyiapkan alat ukur dan komponen yang digunakan pada saat penelitian, lalu melakukan

perakitan pada alat uji. Setelah alat ukur dan komponen lengkap, maka dilakukan pemasangan, selanjutnya dilakukan pengukuran selama 35 hari. Jika data pengukuran sudah lengkap maka dilakukan analisis dan kesimpulan terhadap hasil data yang didapatkan, jika data pengukuran belum lengkap maka dilakukan pengukuran Kembali.

2.1 Studi Literatur

Penulis mempelajari serta mengumpulkan materi yang berkaitan dengan penelitian ini. Teori yang didapat yaitu dari buku dan juga penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu, serta sumber lainnya sebagai pembanding dalam pembahasan yang akan dibahas atau diteliti oleh penulis.

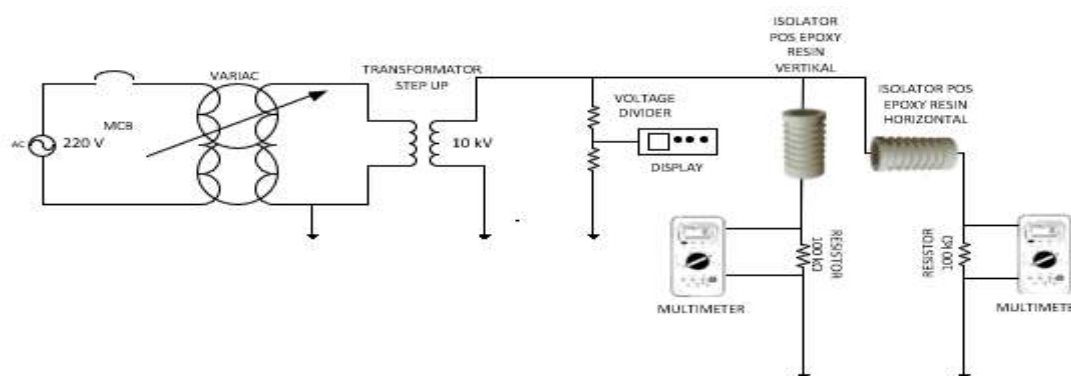
2.2 Menyiapkan Komponen dan Alat Ukur

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan isolator jenis *post epoxy resin insulator* yang

dipasang secara vertikal dan horizontal. Isolator ini bekerja di tegangan 10 kV. Sumber tegangan yang digunakan untuk memberikan potensial listrik pada penelitian ini adalah sumber tegangan dari PLN sebesar 220 V. Pada penelitian ini menggunakan transformator *step-up* yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dari 220 V menjadi 10 kV. Kemudian menggunakan *Voltage Divider* untuk pembagi tegangan pada rangkaian. Lalu, menggunakan resistor 100k Ω untuk mengetahui dan mendapatkan nilai arus bocor pada isolator *post*. Alat ukur yang digunakan yaitu multimeter dan alat ukur untuk mengukur suhu dan kelembaban ruang.

2.3 Perakitan Alat Uji

Pada tahap ini, komponen-komponen yang sudah disiapkan kemudian akan dirangkai sedemikian rupa sehingga sesuai dengan rancangan penelitian yang akan dilakukan. Isolator *epoxy resin* dipasang secara vertikal dan horizontal.



Gambar 2. Rangkaian Pengujian Arus Bocor *Epoxy Resin* Dengan Sistem AC Yang Dipasang Secara Vertikal dan Horizontal

Gambar 2 menunjukkan rangkaian pada sistem AC dengan tegangan sumber sebesar 220 V dinaikkan ke 10 kV menggunakan transformator *step up*, lalu dihubungkan ke *voltage divider*. Dari *voltage divider* dihubungkan ke isolator dan display untuk melihat tegangan yang dihasilkan. Untuk mengetahui tegangan bocor pada isolator *epoxy resin* yang dipasang secara vertikal dan horizontal maka, dihubungkan resistor sebesar 100 k Ω yang dihubungkan paralel dengan multimeter untuk melihat tegangan bocor yang dihasilkan.

2.4 Pengukuran

Pengujian dan pengukuran pada penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda pada setiap isolator. Isolator diletakkan diluar ruangan agar mengetahui dampak dari kondisi lingkungan secara langsung selama 35 hari. Kemudian dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali dalam satu hari yaitu pada pagi, siang dan malam hari.

2.5 Pengumpulan Data

Data yang akan diambil pada penelitian ini yaitu:

1. Arus bocor pada pagi, siang, dan malam hari pada isolator *post epoxy resin* yang dipasang secara vertikal dan horizontal dengan menggunakan sistem AC.
2. Suhu dan kelembaban pada pagi, siang, dan malam hari.

2.6 Pengolahan Data

Setelah semua data diperoleh dari pengujian tersebut, selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan aplikasi *minitab* dan *Microsoft Excel*, serta dilakukan perhitungan secara manual.

2.7 Analisis Data

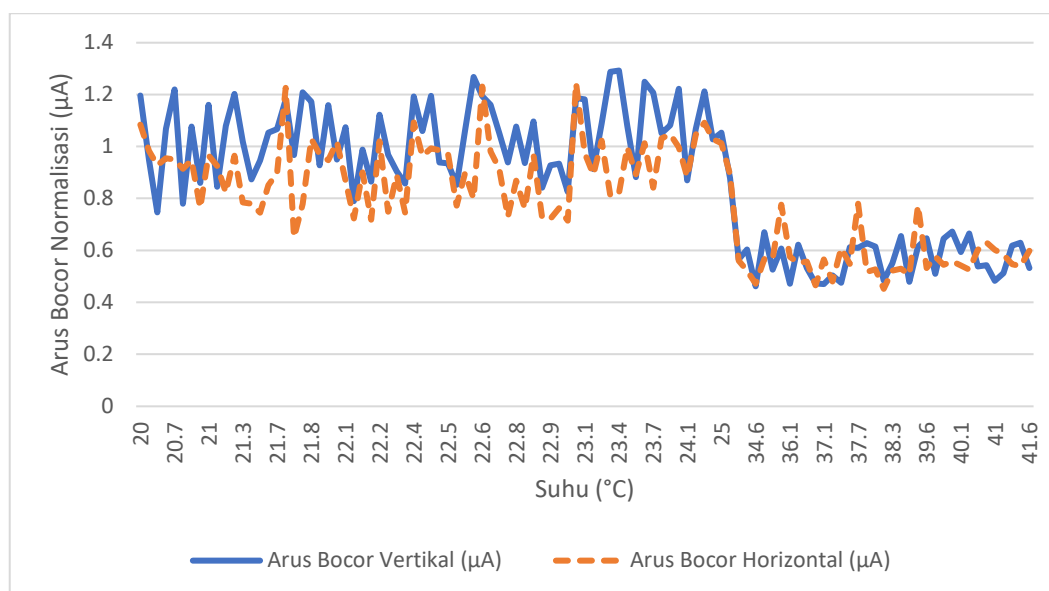
Setelah dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data, penulis menganalisis berdasarkan data pengukuran yang diperoleh dan dari hasil pengolahan data. Analisis dari laporan penulis meliputi pengaruh suhu dan kelembaban terhadap arus bocor pada isolator. Dilakukan analisis data dengan beberapa metode, yaitu:

- Kovarian
- Korelasi
- *Box Plot*
- *Principal Component Analysis*
- Regresi Eksponensial

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Data yang diperoleh selama 35 hari sebanyak 105 data kemudian diolah. Hasil pengukuran diambil dari sampel data kemudian dianalisis dengan menggunakan berbagai metode yaitu regresi, kovarian, dan korelasi.

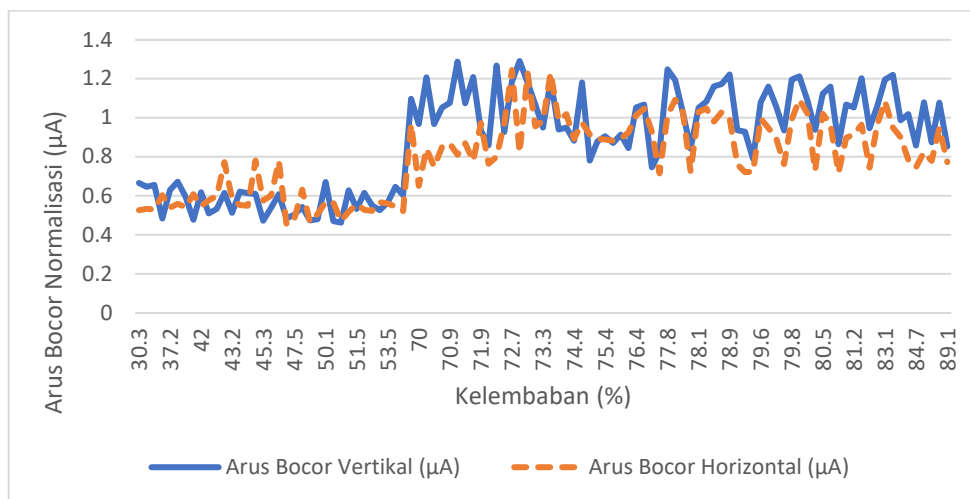
3.1. Grafik Arus Bocor



Gambar 3. Grafik Arus Bocor Isolator Terhadap Suhu Pada Pemasangan Vertikal dan Horizontal

Pada gambar 3 terlihat bahwa arus bocor isolator pada pemasangan vertikal lebih tinggi dibandingkan arus bocor isolator yang dipasang secara horizontal. Terlihat arus bocor isolator mengalami kenaikan terbesar pada suhu 23,1° – 23,6 ° yaitu pada keadaan suhu lingkungan sedang rendah. Maka dapat disimpulkan ketika suhu lingkungan rendah maka arus bocor isolator akan tinggi, sebaliknya jika suhu lingkungan tinggi maka arus bocor yang dihasilkan pun akan rendah.

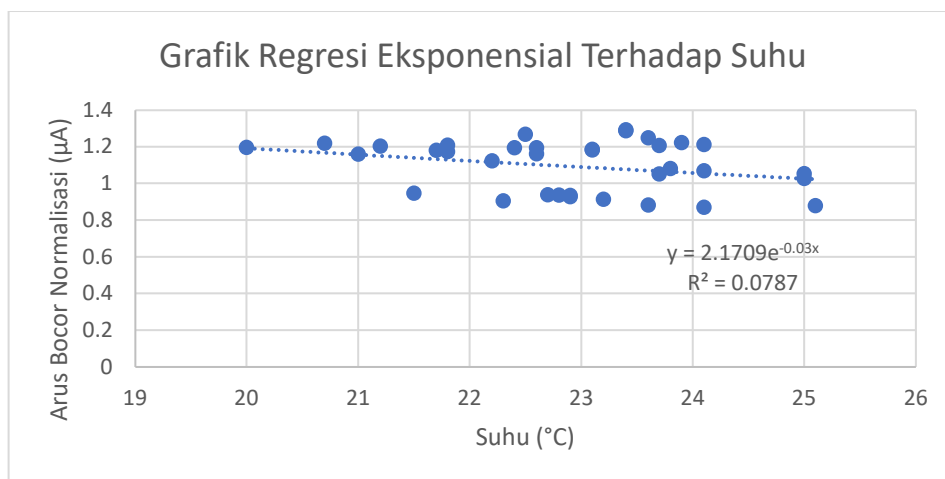
Pada gambar 4 terlihat bahwa arus bocor isolator pada pemasangan vertikal lebih tinggi dibandingkan arus bocor isolator yang dipasang secara horizontal. Terlihat arus bocor isolator mengalami kenaikan pada saat kelembaban 72,7 % - 73,8%. Maka dapat disimpulkan ketika kelembaban tinggi maka arus bocor yang dihasilkan akan tinggi, sebaliknya ketika kelembaban rendah maka arus bocor pun akan rendah.



Gambar 4. Grafik Arus Bocor Isolator Terhadap Kelembaban Pada Pemasangan Vertikal dan Horizontal

3.2. Regresi Arus Bocor Vertikal Terhadap Suhu dan Kelembaban

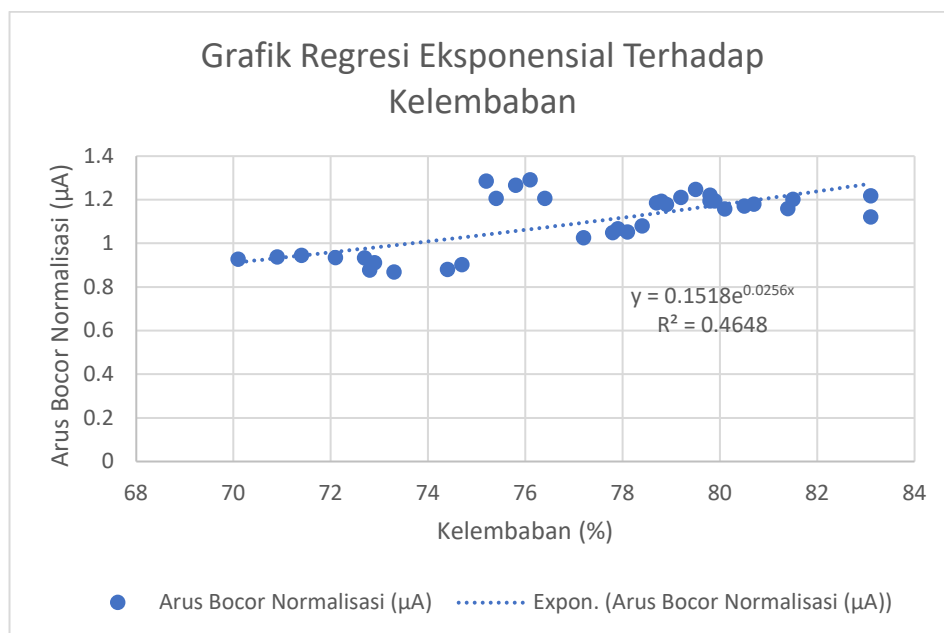
Regresi merupakan metode untuk mencari dan menentukan kecocokan antara parameter, secara garis besar dapat dilihat dan dianalisis faktor apa saja yang paling berpengaruh dalam pembentukan komponen arus bocor.



Gambar 5. Grafik Regresi Eksponensial Vertikal Terhadap Suhu

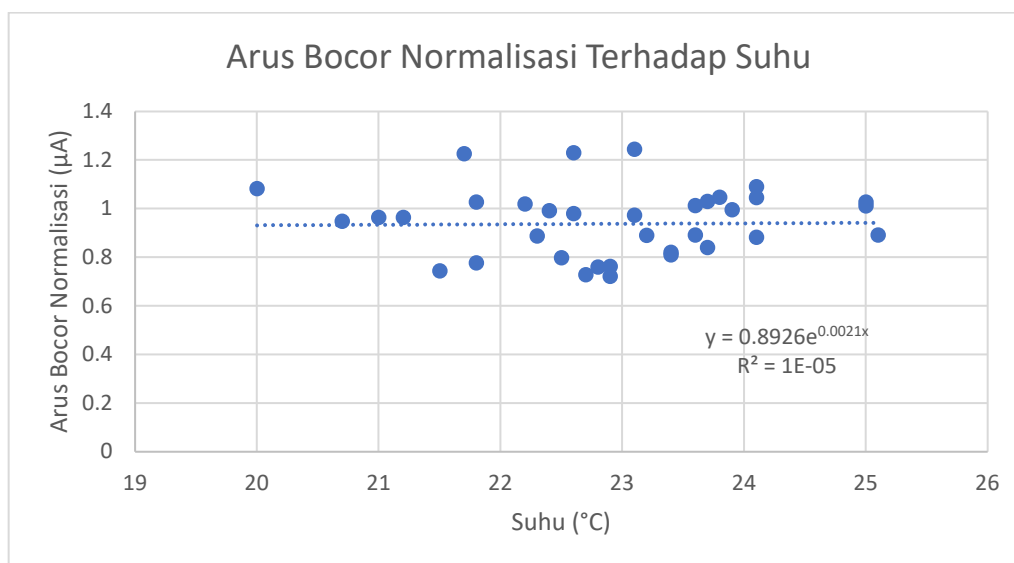
Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa grafik regresi eksponensial memiliki keterkaitan antara suhu dengan arus bocor isolator *Epoxy Resin*. Pada garis *trendline* terlihat bahwa arus bocor berbanding terbalik dengan suhu dimana semakin kecil suhu semakin besar arus bocor. Terdapat nilai keterkaitan rendah pada grafik regresi arus bocor terhadap suhu isolator *Epoxy Resin* yaitu dengan $R^2 = 0.0808$.

Berdasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa grafik regresi eksponensial memiliki keterkaitan antara kelembaban dengan arus bocor isolator *Epoxy Resin*. Pada garis *trendline* terlihat bahwa arus bocor berbanding lurus dengan kelembaban dimana semakin besar kelembaban semakin besar arus bocor. Terdapat nilai keterkaitan sedang pada grafik regresi arus bocor terhadap suhu isolator *Epoxy Resin* yaitu dengan $R^2 = 0.5031$.



Gambar 6. Grafik Regresi Eksponensial Vertikal Terhadap Kelembaban

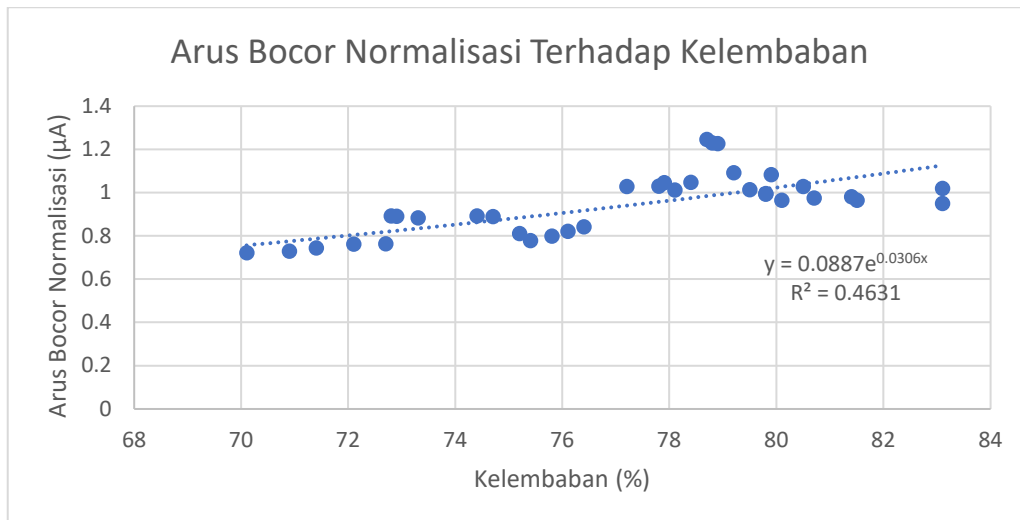
3.3. Regresi Arus Bocor Horizontal Terhadap Suhu dan Kelembaban



Gambar 7. Grafik Regresi Eksponensial Horizontal Terhadap Suhu

Berdasarkan gambar 7 dapat dilihat bahwa grafik regresi eksponensial memiliki keterkaitan antara suhu dengan arus bocor isolator *Epoxy Resin*. Pada garis *trendline* terlihat bahwa arus bocor berbanding terbalik dengan suhu dimana semakin kecil suhu semakin kecil arus bocor. Terdapat nilai keterkaitan rendah pada grafik regresi arus bocor terhadap suhu isolator *Epoxy Resin* dengan $R^2 = 0.00001$.

Berdasarkan gambar 8 dapat dilihat bahwa grafik regresi eksponensial memiliki keterkaitan antara kelembaban dengan arus bocor isolator *Epoxy Resin*. Pada garis *trendline* terlihat bahwa arus bocor berbanding lurus dengan kelembaban dimana semakin besar kelembaban semakin besar arus bocor. Terdapat nilai keterkaitan sedang pada grafik regresi arus bocor terhadap suhu isolator *Epoxy Resin* dengan $R^2 = 0.4631$.



Gambar 8. Grafik Regresi Eksponensial Horizontal Terhadap Kelembaban

3.4 Kovarian dan Korelasi Arus Bocor Isolator Vertikal dan Horizontal

Tabel 1. Nilai Korelasi dan Kovarian Vertikal Arus Bocor Terhadap Suhu pada Isolator *Epoxy Resin*

Isolator	Korelasi	Kovarian
Vertikal	0,231	0,021
Horizontal	0,001	0,00006

Tabel 1 ditunjukkan nilai korelasi dan kovarian bernilai positif pada pemasangan vertikal dan horizontal yang berarti arus bocor terhadap suhu berbanding terbalik.

Tabel 2. Nilai Korelasi Dan Kovarian Vertikal Arus Bocor Terhadap Kelembaban Pada Isolator *Epoxy Resin*

Isolator	Korelasi	Kovarian
Vertikal	-0,034	-0,0002
Horizontal	-0,134	-0,0008

Tabel 2 ditunjukkan nilai korelasi dan kovarian keduanya bernilai negatif yang berarti nilai arus bocor isolator pada pemasangan vertikal dan horizontal terhadap kelembaban berbanding lurus.

Pengukuran isolator terlihat perbedaan nilai pada isolator *epoxy resin* yang dipasang secara horizontal arus bocor nya lebih rendah dibandingkan pada pemasangan vertikal. Hal ini dikarenakan isolator *epoxy resin* yang dipasang secara horizontal memiliki sifat hidrofobik sehingga tidak mudah menyerap air dan memiliki sifat dielektrik yang cukup baik. Terlihat perbedaan nilai arus bocor antara pengujian pada pemasangan vertikal dan horizontal, yaitu nilai arus bocor pada pemasangan horizontal jauh lebih rendah dibandingkan nilai arus bocor pada pemasangan vertikal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan peneliti terdapat parameter lingkungan yang digunakan selama penelitian yaitu suhu dan kelembaban. Dimana parameter lingkungan ini

sangat mempengaruhi nilai arus bocor yang didapatkan. Dimana jika suhu semakin tinggi dan kelembaban semakin rendah maka arus bocor yang dihasilkan akan semakin rendah. Sebaliknya jika suhu semakin rendah dan kelembaban semakin tinggi maka arus bocor yang dihasilkan akan tinggi nilainya. Terdapat nilai korelasi terbesar yaitu 0,231 dan nilai kovarian terbesar 0,02. Terdapat nilai arus bocor terbesar yang didapat adalah pada pagi hari pada pemasangan secara vertikal adalah 1,29 μA dengan suhu 23,4°C dan kelembaban 72,8%. Sedangkan pada pemasangan horizontal nilai arus bocor terbesar adalah 1,24 μA dengan suhu 23,1°C dan kelembaban 72,7%. Sementara yang terendah adalah pada siang hari, pada pemasangan vertikal didapat arus bocor sebesar 0,47 μA dengan suhu 34,6 °C dan kelembaban 50,7%. Sedangkan pada pemasangan horizontal didapat nilai arus bocor sebesar 0,45 μA dengan suhu 38,2 °C dan kelembaban 47,3%. Terlihat bahwa isolator epoxy resin pada pemasangan vertikal nilai arus bocor yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan pada pemasangan horizontal. Maka dapat disimpulkan pada pemasangan horizontal nilai arus bocor yang dihasilkan cenderung lebih kecil, hal ini menandakan bahwa isolator epoxy resin yang dipasang secara horizontal memiliki sifat insulasi yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Fauziah, D., Waluyo, & Muhammad Khaidir, I. (2019). Studi Pola Arus Bocor Isolator Keramik Selama Waktu Pemakaian 24 Jam. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 3(3).
- Jumari, Sinaga, J., & Zega, S. (2020a). Studi Pengaruh Kontaminasi Polusi Udara Pada Isolator Tegangan Menengah 20 Kv Pada Pt Pln (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan. *Jurnal Teknologi Energi UDA*, 9(1), 31–43.
- Jumari, Sinaga, J., & Zega, S. (2020b). Studi Pengaruh Kontaminasi Polusi Udara Pada Isolator Tegangan Menengah 20 kV Pada PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Medan. Dalam *Jurnal Teknik Elektro* (Vol. 9, Nomor 1).
- Syakur, A., Ervan Dwi Setiaji, M., & Aprianto, A. (2012). Unjuk Kerja Isolator 20 kV Bahan Resin Epoksi Silane Silika Kondisi Basah dan Kering. 14(2), 68–72. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>
- Yuniarti, N., & Afandi, A. N. (2007). Tinjauan Sifat Hidrofobik Bahan Isolasi Silicone Rubber. *Tekno*, 1–11. <https://www.researchgate.net/publication/261872392>
- Siregar, L. M. (2019). Pengaruh Sudut Pemasangan Isolator dan Butiran Air Hujan Terhadap Arus Bocor Isolator Rantai Terpolusi. Medan: Universitas Sumatera Utara.