

Analisis Perbandingan Arus Bocor Isolator Pin Porcelain dan Pin *Silicone Rubber* akibat Tegangan AC dan DC

FADHILAH ARDHI MAHENDRA, WALUYO

Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: ardhifadh@gmail.com

ABSTRAK

Saluran transmisi udara merupakan elemen penting untuk menyalurkan daya aktif dan reaktif dari sumber sampai konsumen dengan salah satu komponen utama yaitu isolator. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran arus bocor pada isolator pin silicone rubber dan porcelain untuk mengetahui pengaruh lingkungan terhadap terjadinya arus bocor. Penelitian ini menggunakan isolator pin silicone rubber dan porcelain serta resistor 100k Ω . Pengukuran dilakukan pada waktu pagi, siang dan malam dengan menggunakan sistem AC dan DC. Hasil penelitian menunjukkan nilai arus bocor yang terbesar yaitu pada sistem AC saat pagi hari yaitu pada kelembaban 82,228% dan suhu 24,82°C dengan nilai arus bocor 7,962 μA pada isolator silicone rubber dan 65,316 μA pada isolator porcelain. Sementara yang terendah terjadi siang hari yaitu pada kelembaban 45,563% dan suhu 37,32°C dengan nilai arus bocor yaitu 7,797 μA pada isolator silicone rubber dan 19,262 μA pada isolator porcelain.

Kata kunci: AC, arus bocor, DC, isolator porcelain, isolator silicone rubber

ABSTRACT

Air transmission lines are an important element to distribute active and reactive power from sources to consumers with one of the main components, namely insulators. In this study, leakage current measurements were made on silicone rubber and porcelain pin insulators to determine the effect of the environment on the occurrence of leakage currents. This research uses silicone rubber and porcelain pin insulators and 100k Ω resistors. Measurements were taken in the morning, afternoon and evening using AC and DC systems. The results showed that the largest leakage current value was in the AC system in the morning at a humidity of 82.228% and a temperature of 24.82°C with a leakage current value of 7.962 μA in silicone rubber insulators and 65.316 μA in porcelain insulators. While the lowest occurs during the day, namely at a humidity of 45.563% and a temperature of 37.32 ° C with a leakage current value of 7.797 μA on silicone rubber insulators and 19.262 μA on porcelain insulators.

Keywords: AC, DC, insulator porcelain, insulator silicone rubber, leakage current

1. PENDAHULUAN

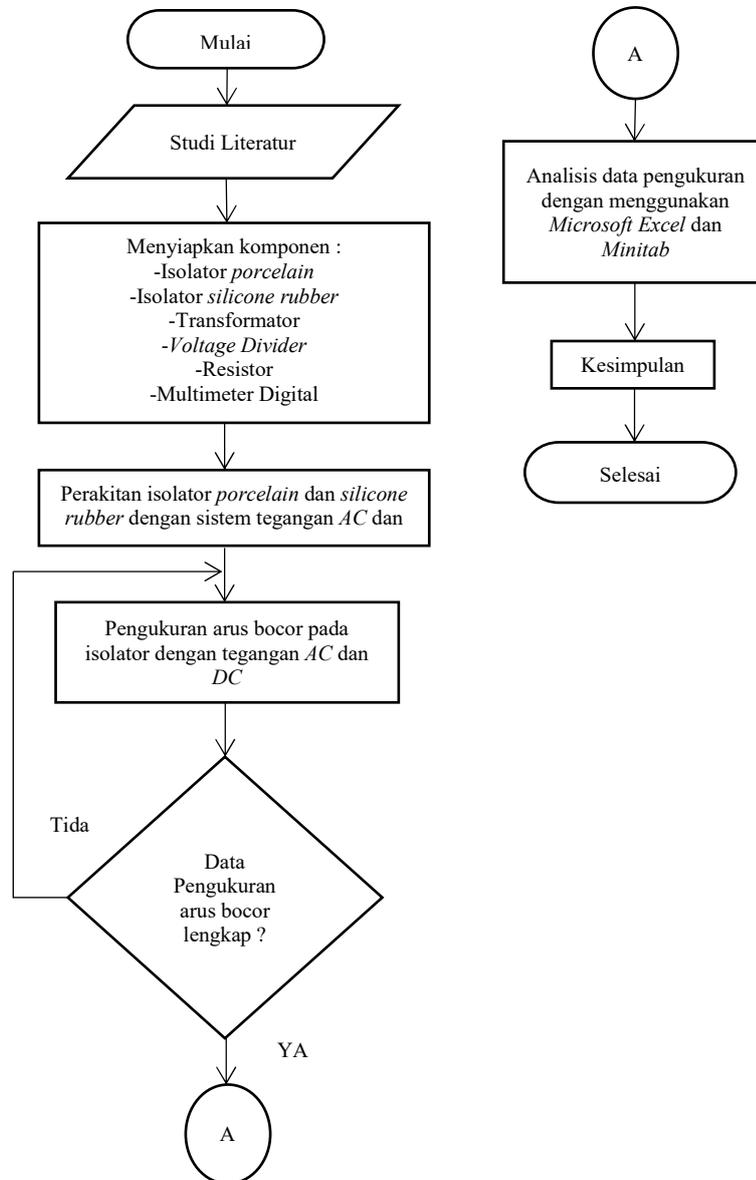
Saluran transmisi udara merupakan elemen penting untuk menyalurkan daya aktif dan daya reaktif dari sumber sampai sisi konsumen **(Tambunan, 2019)**. Dalam sistem saluran udara jaringan transmisi terdapat salah satu komponen utama dalam sistem transmisi yaitu isolator. Isolator merupakan bagian penting yang berperan dalam memisahkan penghantar listrik yang bertegangan sehingga mencegah terjadinya lompatan listrik atau percikan di antara penghantar tersebut **(Nuraini, 2013)**.

Isolator umumnya terbuat dari bahan keramik (*porcelain*) dan karet silikon (*silicone rubber*), bahan tersebut mempunyai keunggulan dan kekurangan. Isolasi keramik (*porcelain*) memiliki keunggulan seperti kapasitas panas yang efisien dan konduktivitas panas yang minim, ketahanan terhadap korosi, keras serta kuat. Akan tetapi, bahan ini memiliki kekurangan seperti berat dan permukaannya dapat menyerap air yang dapat meningkatkan risiko terjadinya arus bocor pada permukaan dan pada 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, bobot yang ringan, serta dalam penanganan dan pemasangannya **(Afandi, 2007)**.

Isolator dapat diklasifikasikan dalam beberapa jenis yaitu, isolator pin (*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)**. Berdasarkan penjelasan diatas, penulis akan melakukan penelitian mengenai arus bocor pada isolator pin *silicone rubber* dan isolator pin *porcelain* yang dilakukan dengan pengukuran sistem arus bolak balik (*Alternative Current*) dan sistem arus searah (*Direct Current*). Pada pengukuran ini dilakukan pengujian isolator dengan memerhatikan kondisi pemasangan yang sesuai dengan penggunaan dan kontruksi isolator, yaitu isolator pasak pin *type insulator* serta menggunakan resistor sebesar 100k Ω . Kemudian memerhatikan kondisi waktu pada pagi hari, siang hari, dan malam hari serta memerhatikan kondisi lingkungan, yaitu suhu dan kelembapan dimana keduanya merupakan parameter yang sangat erat korelasinya dengan perubahan arus bocor **(Fauziah, 2019)**.

2. METODOLOGI

Proses penelitian ini memiliki beberapa tahapan pelaksanaan yang ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram alir dari penelitian yang akan 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 dan dilakukan perakitan, maka 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 memulai dengan mempelajari serta mengumpulkan materi terkait dengan penelitian ini, serta literatur yang mendukung penyusunan laporan kerja praktik ini. Teori yang didapat

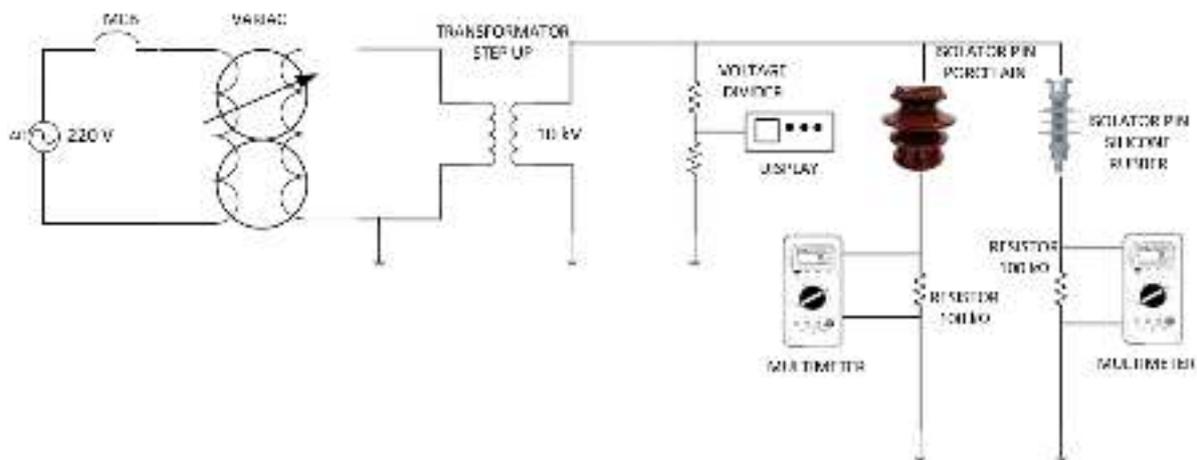
yaitu dari buku dan juga penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu, serta sumber lainnya sebagai pembandingan dalam pembahasan yang akan dibahas atau diteliti oleh penulis.

2.2 Menyiapkan Komponen dan Alat Ukur

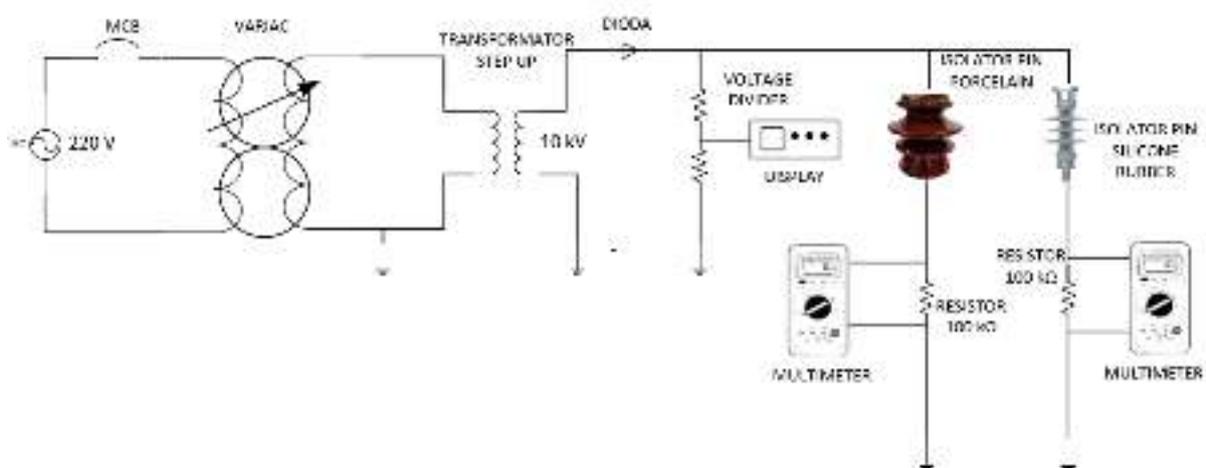
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan isolator jenis *pin porcelain* dan *pin rubber*, yang bekerja ditegangan menengah sekitar 10 kV. Sumber tegangan yang digunakan untuk memberikan potensial listrik pada penelitian ini adalah sumber tegangan dari PLN sebesar 220 V. Pada penelitian ini menggunakan transformator *step-up* 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 pin. Pada pengukuran sistem *DC* digunakan dioda sebesar 10 kV. Alat ukur yang digunakan yaitu avometer dan alat ukur untuk mengukur suhu, kelembapan ruang, hujan, panas.

2.3 Perakitan Alat Uji

Pada tahap ini, komponen-komponen yang sudah disiapkan kemudian akan dirangkai sesuai dengan rancangan penelitian yang akan dilakukan. Isolator *porcelain* dan isolator *silicone rubber* dirangkai dengan sistem *AC* dan *DC*.



Gambar 2. Gambar Rangkaian pada Sistem AC



Gambar 3. Gambar Rangkaian pada Sistem DC

Gambar 2 menunjukkan rangkaian pada sistem *AC* dengan tegangan sumber sebesar 220 V

dinaikkan ke 10 kV menggunakan transformator *step up*, lalu tersambung ke *voltage divider*. Dari *voltage divider* tersambung ke isolator dan display untuk melihat tegangan yang dihasilkan. Untuk mengetahui tegangan bocor pada isolator pin *silicone rubber* dan isolator pin *porcelain* disambungkan resistor sebesar 100 k Ω yang disambungkan dengan multimeter untuk melihat tegangan bocor yang dihasilkan.

Gambar 3 menunjukkan rangkaian pada sistem *DC* dengan tegangan sumber sebesar 220 V dinaikkan ke 10 kV menggunakan transformator *step up*, lalu tersambung ke dioda sebagai penyearah. Setelah itu dioda tersambung ke *voltage divider* dan isolator *silicone rubber* dan isolator *porcelain*. Dari *voltage divider* tersambung ke display untuk melihat tegangan yang dihasilkan. Untuk mengetahui tegangan bocor pada isolator pin *silicone rubber* dan isolator pin *porcelain* disambungkan resistor sebesar 100 k Ω yang disambungkan dengan multimeter untuk melihat tegangan bocor yang dihasilkan.

2.4 Pengukuran

Pengujian dan pengukuran pada penelitian ini dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan dan waktu yang berbeda-beda yang dilakukan pada setiap isolator. Isolator uji ini diletakan diluar ruangan agar mengetahui dampak dari kondisi lingkungan secara langsung selama 35 hari. Kemudian dilakukan pengukuran yaitu pada waktu pagi hari, siang hari, dan malam hari. Data yang diukur pada resistor uji yaitu data tegangan bocor dari isolator uji, yang selanjutnya akan di hitung nilai arus bocor dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Data perhitungan arus bocor didapatkan dari pembagian antara tegangan bocor isolator uji dengan resistor uji yang digunakan.

2.5 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini yaitu :

1. Arus bocor pada pagi hari, siang hari dan malam hari isolator pin *porcelain* dan pin *rubber* dengan menggunakan sistem *AC* dan *DC*.
2. Suhu dan kelembaban pada pagi hari, siang hari 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

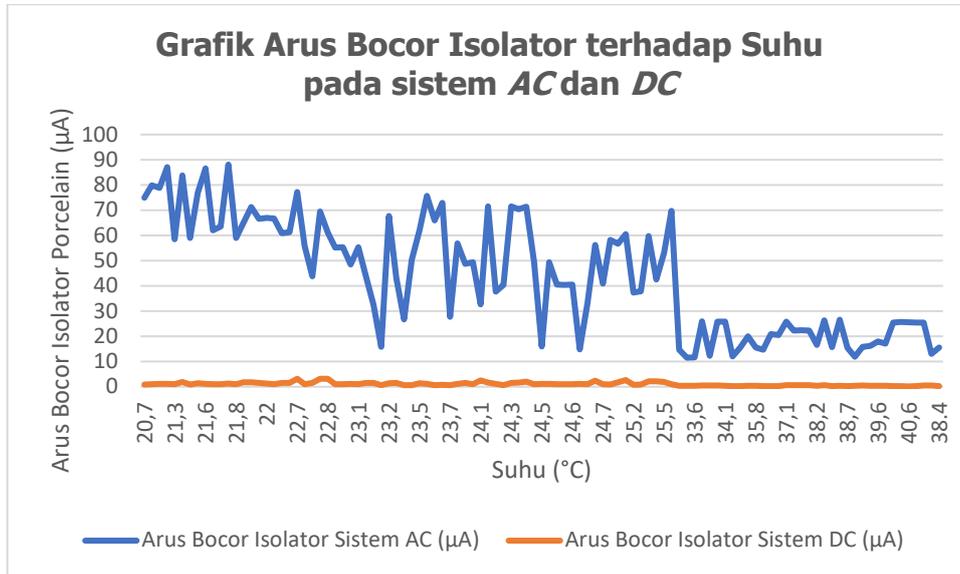
Setelah dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data, penulis menganalisis berdasarkan data pengukuran yang diperoleh dan dari hasil pengolahan data.

Analisis dari laporan penulis meliputi pengaruh suhu dan kelembaban terhadap arus bocor pada isolator pin *silicone rubber* dan pin *porcelain*. Dilakukan analisis data dengan beberapa metode, yaitu:

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

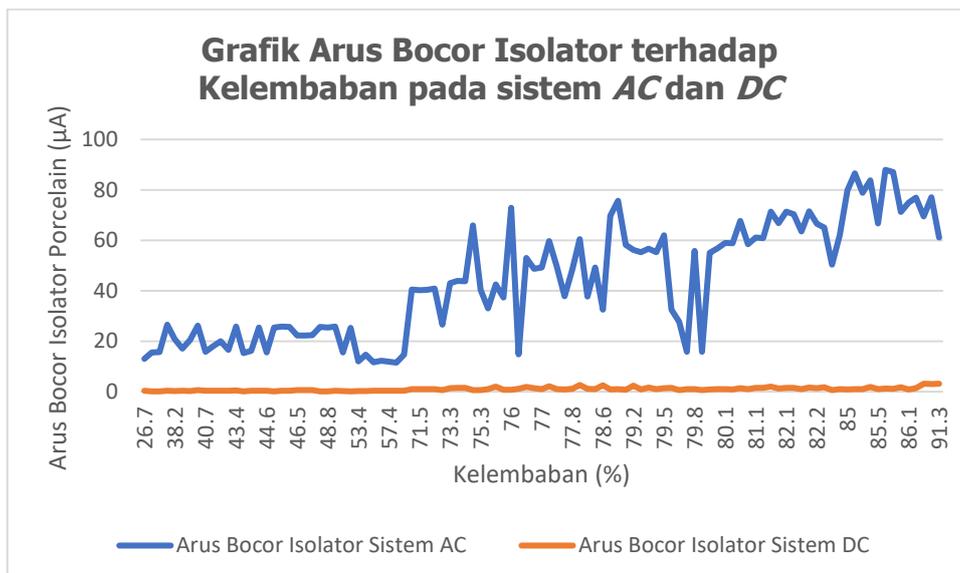
3. HASIL PENGUKURAN DAN ANALISIS

3.1 Grafik Arus Bocor Isolator terhadap Suhu dan Kelembaban pada sistem AC dan DC



Gambar 4. Grafik Arus Bocor Isolator Pin *Porcelain* terhadap Suhu

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan bahwa nilai arus bocor isolator *porcelain* pada sistem AC lebih tinggi dibandingkan nilai arus bocor isolator pada sistem DC. Terlihat juga nilai arus bocor mengalami kenaikan tertinggi pada saat suhu 23,2 °C-23,4 °C. Didapatkan nilai arus bocor tertinggi di isolator *porcelain* yaitu 88,0851 µA pada saat suhu 21,7 °C, maka semakin tinggi suhu semakin rendah arus bocor yang dihasilkan dan semakin rendah suhu maka semakin tinggi arus bocor yang dihasilkan.

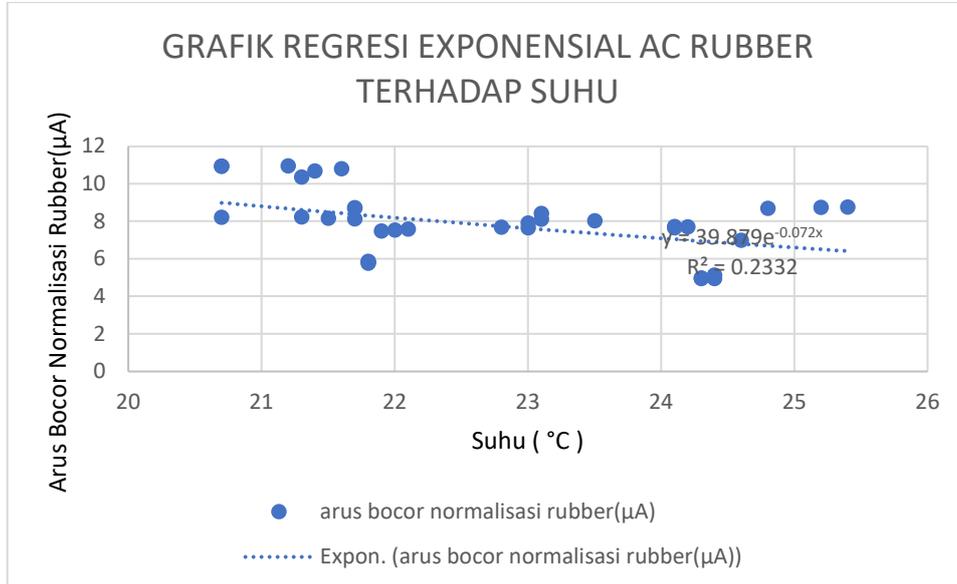


Gambar 5. Grafik Arus Bocor Isolator Pin *Porcelain* terhadap Kelembaban

Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan bahwa arus bocor isolator *porcelain* pada sistem AC lebih tinggi dibandingkan nilai arus bocor isolator sistem DC. Terlihat juga nilai arus bocor mengalami kenaikan tertinggi pada saat suhu 78,6 %-79,3 %. Didapatkan nilai arus bocor tertinggi di isolator *porcelain* yaitu 88,0851 µA pada saat kelembaban 85,6 %, maka semakin

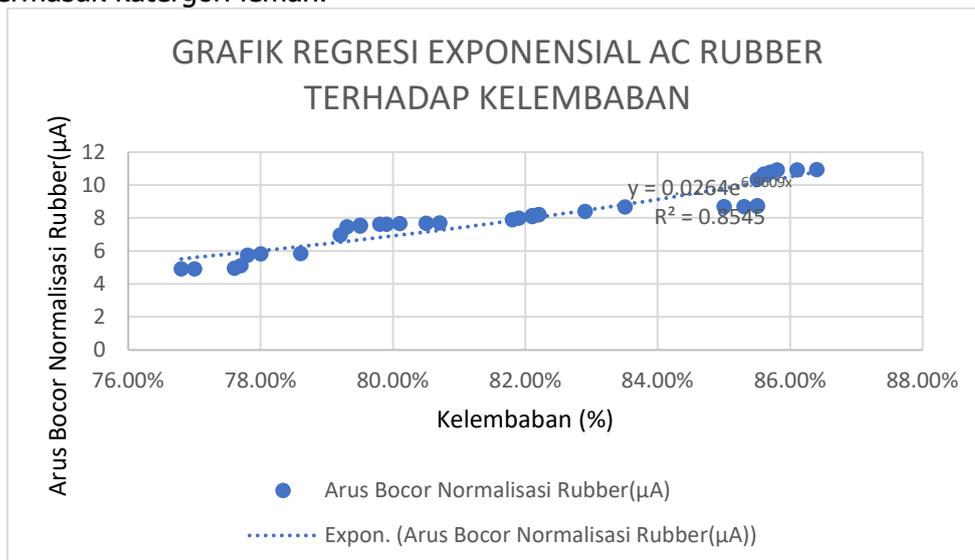
tinggi kelembaban semakin besar juga nilai arus bocor yang dihasilkan dan semakin rendah kelembaban maka semakin rendah arus bocornya.

3.2 Grafik Regresi Arus Bocor Isolator terhadap Suhu dan Kelembaban pada Sistem AC



Gambar 6. Grafik Regresi Arus Bocor Isolator *Silicone Rubber* terhadap Suhu

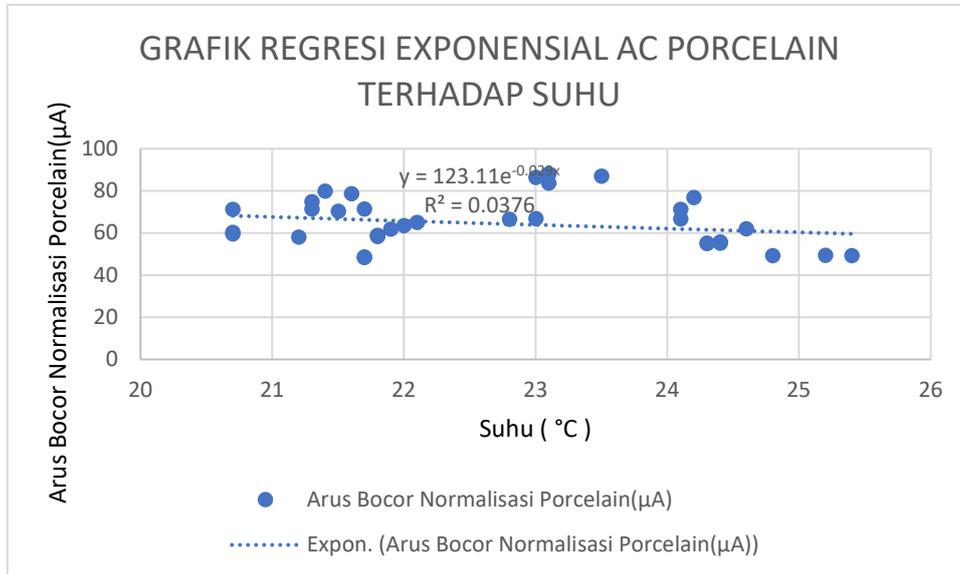
Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan bahwa grafik regresi eksponensial keterkaitan antara suhu dengan arus bocor isolator *silicone rubber*, pada garis *trendline* terlihat bahwa arus bocor berbanding terbalik dengan suhu. Dimana semakin tinggi suhu semakin kecil arus bocor. Terdapat nilai keterkaitan pada grafik regresi arus bocor terhadap suhu *silicone rubber* adalah $R^2 = 0,2332$. Dimana nilai R^2 yang dihasilkan menunjukkan bahwa keterkaitan pada grafik regresi dari arus bocor terhadap suhu pada isolator pin *silicone rubber* termasuk kategori lemah.



Gambar 7. Grafik Arus Bocor Isolator *Silicone Rubber* terhadap Kelembaban

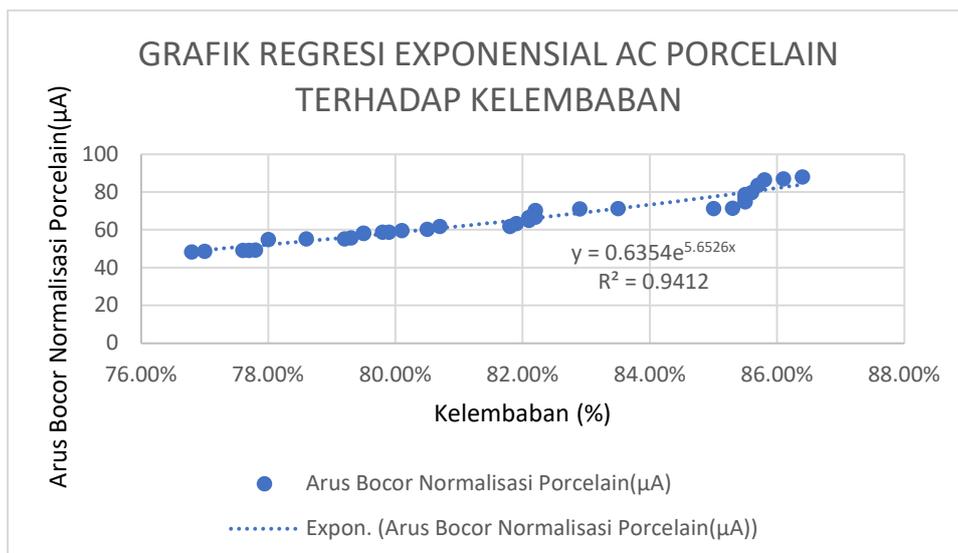
Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan bahwa grafik regresi eksponensial keterkaitan antara kelembaban dengan arus bocor isolator silikon rubber, pada garis *trendline* terlihat bahwa arus bocor berbanding lurus dengan kelembaban. Dimana semakin tinggi kelembaban

semakin tinggi nilai arus bocornya. Terdapat nilai keterkaitan pada grafik regresi arus bocor terhadap suhu silikon rubber adalah $R^2 = 0,8545$. Dimana nilai R^2 yang dihasilkan menunjukkan bahwa keterkaitan pada grafik regresi dari arus bocor terhadap kelembapan pada isolator *silicone rubber* termasuk katategori kuat.



Gambar 8. Grafik Arus Bocor Isolator *Porcelain* terhadap Suhu

Berdasarkan Gambar 8 ditunjukkan bahwa grafik regresi eksponensial keterkaitan antara suhu dengan arus bocor isolator *porcelain*, pada garis *trendline* terlihat bahwa arus bocor berbanding terbalik dengan suhu. Dimana semakin tinggi suhu semakin kecil arus bocor. Terdapat nilai keterkaitan pada grafik regresi arus bocor terhadap suhu silikon rubber adalah $R^2 = 0,0376$. Dimana nilai R^2 yang dihasilkan menunjukkan bahwa keterkaitan pada grafik regresi dari arus bocor terhadap suhu pada isolator *porcelain* termasuk katategori lemah.



Gambar 9. Grafik Arus Bocor Isolator *Porcelain* terhadap Kelembaban

Berdasarkan Gambar 9 ditunjukkan bahwa grafik regresi eksponensial keterkaitan antara kelembaban dengan arus bocor isolator *porcelain*, pada garis *trendline* terlihat bahwa

arus bocor berbanding lurus dengan kelembaban. Dimana semakin tinggi kelembaban semakin tinggi arus bocornya. Terdapat nilai keterkaitan pada grafik regresi arus bocor terhadap kelembaban silikon rubber adalah $R^2 = 0,9412$. Dimana nilai R^2 yang dihasilkan menunjukkan bahwa keterkaitan pada grafik regresi dari arus bocor terhadap kelembapan pada isolator *porcelain* termasuk kategori kuat.

3.3 Tabel Korelasi dan Kovarian Arus Bocor Isolator pada Sistem AC dan DC

Tabel 1 menunjukkan nilai korelasi dan kovarian bernilai negatif yang berarti nilai arus bocor terhadap suhu berbanding terbalik.

Tabel 1. Tabel Nilai Korelasi dan Kovarian Arus Bocor terhadap Suhu pada Isolator *Silicone Rubber*

Isolator	Korelasi	Kovarian
Sistem AC	-0,095	-0,84
Sistem DC	-0,411	-0,032

Tabel 2. Tabel Nilai Korelasi dan Kovarian Arus Bocor Terhadap Suhu pada Isolator *Porcelain*

Isolator	Korelasi	Kovarian
Sistem AC	-0,278	-4,57
Sistem DC	-0,305	-0,211

Tabel 2 menunjukkan nilai korelasi dan kovarian bernilai negatif yang berarti nilai arus bocor terhadap suhu berbanding terbalik.

Tabel 3. Tabel Nilai Korelasi dan Kovarian Arus Bocor Terhadap Kelembapan pada Isolator *Silicone Rubber*

Isolator	Korelasi	Kovarian
Sistem AC	0,092	0,0048
Sistem DC	0,217	0,0005

Tabel 3 menunjukkan nilai korelasi dan kovarian bernilai positif yang berarti nilai arus bocor terhadap kelembapan berbanding lurus.

Tabel 4. Tabel Nilai Korelasi dan Kovarian Arus Bocor Terhadap Kelembapan pada Isolator *Porcelain*

Isolator	Korelasi	Kovarian
Sistem AC	0,431	0,372
Sistem DC	0,805	0,028

Tabel 4 menunjukkan nilai korelasi dan kovarian bernilai positif yang berarti nilai arus bocor terhadap kelembapan berbanding lurus.

Pengukuran isolator terlihat perbedaan nilai pada isolator pin *silicone rubber* dimana nilai arus bocor-nya lebih rendah dibandingkan isolator pin *porcelain*. Hal ini dikarenakan isolator pin *silicone rubber* yang memiliki sifat hidrofobik sehingga tidak mudah menyerap air dan

memiliki sifat dielektrik yang cukup baik, sementara pada isolator *porcelain* memiliki sifat hidrofilik yaitu mudah menyerap air. Terlihat perbedaan nilai arus bocor yang cukup besar antara pengujian pada sistem *AC* dan sistem *DC*, yaitu nilai arus bocor pada sistem *DC* jauh lebih rendah dibandingkan nilai arus bocor pada sistem *AC*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan pengukuran arus bocor pada isolator pin *silicone rubber* dan isolator pin *porcelain* terlihat bahwa suhu dan kelembapan mempengaruhi nilai arus bocor yang dihasilkan. Suhu dan kelembapan sangat sangat memengaruhi tingkat atau besaran nilai arus bocor yang terjadi, jika semakin tinggi nilai kelembapan dan semakin rendah nilai suhu maka akan semakin besar nilai arus bocornya, sebaliknya jika kelembapan nya rendah dan suhu nya tinggi maka nilai arus bocor akan semakin rendah. Terdapat nilai korelasi terbesar yaitu 0,886 dan nilai kovarian terbesar yaitu 3,96. Terlihat pada nilai arus bocor yang didapat terbesar yaitu pada sistem *AC* saat pagi hari yaitu pada kelembapan 82,228% dan suhu 24,82°C dengan nilai arus bocor yang didapat yaitu 7,962 μA pada isolator *silicone rubber* dan 65,316 μA pada isolator *porcelain*. Sementara yang terendah pada sistem *AC* saat siang hari yaitu pada kelembapan 45,563% dan suhu 37,32°C dengan nilai arus bocor yang didapat yaitu 7,797 μA pada isolator *silicone rubber* dan 19,262 μA pada isolator *porcelain*. Terlihat juga pada isolator *porcelain* nilai arus bocor yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan pada isolator *silicone rubber*, dikarenakan pada isolator pin *silicone rubber* memiliki sifat hidrofobik dan sifat dielektrik yang baik, sementara pada isolator *porcelain* memiliki sifat hidrofilik yang menyebabkan nilai arus bocor lebih tinggi.

Dengan nilai arus bocor tertinggi sebagai acuan antara nilai pada sistem *AC* dan *DC*, yaitu pada sistem *AC* nilai arus bocor tertinggi 7,962 μA pada isolator *silicone rubber* dan 65,316 μA pada isolator *porcelain*. Sementara pada sistem *DC* nilai arus bocor yang tertinggi yaitu 0,251 μA pada isolator *silicone rubber* dan 1,263 μA pada isolator *porcelain*. Dapat disimpulkan bahwa pada pengujian dan pengukuran terlihat bahwa sistem *DC* lebih efektif digunakan karena nilai arus bocor yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan nilai arus bocor yang dihasilkan pada sistem *AC*.

DAFTAR RUJUKAN

- Afandi, A. N. (2007). *Hydrofobic Analysis Of Rubber Materials On High Voltage Insulation Sustainable Energy Technologies And Systems - A New Book View Project Cloud Charges View Project*. Jurnal Tekno. Vol 04 (3). Pp 11-20.
- Fauziah, D., & Muhammad Khaidir, I. (2019). Studi Pola Arus Bocor Isolator Keramik Selama Waktu Pemakaian 24 Jam. Jurnal Rekayasa Hijau, 3(3), 233–239.
- Jumari, Sinaga, J., & Zega, S. (2020). Studi Pengaruh Kontaminasi Polusi Udara Pada Isolator Tegangan Menengah 20 Kv Pada Pt Pln (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (Up3) Medan. Jurnal Teknik Elektro (Vol. 9, Issue 1). Pp. 31–43.
- Nuraini, E. (2013). Pusat Teknologi Akselerator Dan Proses Bahan, D., & Yogyakarta Jl Babarsari Kotak, P. Kajian Bahan Isolator Untuk Tegangan Tinggi Mbe Lateks. Vol 15, 100–108.

- Syakur, A., Ervan Dwi Setiaji, M., & Aprianto, A. (2012). Unjuk Kerja Isolator 20 Kv Bahan Resin Epoksi Silane Silika Kondisi Basah Dan Kering. *Jurnal Transmisi*. 14(2), 68–72.
- Tambunan, J. P., & Mulyono, H. (2019). Reposisi Dan Penggantian Menara Transmisi 150 Kv. *Jurnal Tesla*. Vol 21(2), Pp 87–99.