

PENGARUH KELEMBABAN TERHADAP ARUS BOCOR ISOLATOR PIRING JENIS PORSELEN TERPOLUSI ABU VULKANIK

Obet Powell L Tobing, Syahrawardi

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

e-mail: obet.chrispo@gmail.com

Abstrak

Polutan yang menempel pada isolator dan keadaan udara di sekitar permukaan isolator akan mempengaruhi tahanan dan konduktivitas permukaan isolator. Perubahan tahanan dan konduktivitas permukaan isolator akan mempengaruhi arus bocor yang mengalir di permukaan isolator. Pada tulisan ini membahas tentang pengaruh kelembaban terhadap arus bocor isolator piring jenis porselen yang terpolusi abu vulkanik. Kelembaban udara di sekitar permukaan isolator dan kadar polutan berupa abu vulkanik yang menempel di permukaan isolator dibuat beragam. Isolator piring dikotori dengan abu vulkanik selama 10 detik. Kemudian, isolator yang sudah terpolusi abu vulkanik dimasukkan ke ruang pengujian dan dilakukan pengukuran arus bocor. Kelembaban udara di sekitar permukaan isolator dinaikkan secara perlahan mulai dari 73,1 %RH hingga 100 %RH dan dilakukan pengukuran arus bocor untuk berbagai tingkat kelembaban. Demikian seterusnya untuk lama pengotoran isolator yaitu selama 20 detik, 30 detik, 40 detik, 50 detik, dan 60 detik. Dari percobaan ini diperoleh bahwa penambahan kadar polutan berupa abu vulkanik yang menempel pada permukaan isolator mempengaruhi arus bocor yang mengalir di permukaan isolator. Meningkatnya nilai kelembaban di sekitar permukaan isolator mengakibatkan arus bocor yang mengalir di permukaan isolator semakin meningkat.

Kata Kunci : Isolator, arus bocor, abu vulkanik, kelembaban

1. Pendahuluan

Salah satu komponen utama pada jaringan transmisi dan distribusi sistem tenaga listrik adalah isolator. Isolator lebih banyak digunakan pada saluran listrik hantaran udara, akibatnya isolator menjadi rawan polusi. Udara disekitar isolator yang dipasang pada ruangan terbuka dapat membawa polutan-polutan berupa debu/abu, asap-asap kendaraan, maupun garam, sehingga polutan-polutan yang terbawa oleh angin akan menempel pada permukaan isolator dan berangsur-angsur membentuk suatu lapisan kontaminan.

Menempelnya polutan seperti debu atau abu vulkanik dari letusan gunung berapi seperti yang terjadi di kabupaten karo, provinsi sumatera utara, pada tingkat kelembaban yang cukup tinggi, dapat mempengaruhi kinerja suatu isolator. Pada saat meletusnya gunung Sinabung di Tanah Karo, abu vulkanik dari letusan gunung tersebut terbawa oleh angin dan menempel dipermukaan isolator yang berada disekitar gunung tersebut. Abu vulkanik yang menempel pada permukaan isolator dan karena tingginya tingkat kelembaban didaerah tersebut, akan mempengaruhi konduktivitas permukaan isolator. Terutama pada keadaan hujan ringan, dan kabut, akan membuat abu

vulkanik semakin konduktif secara elektrik. Hal ini akan mempengaruhi arus bocor permukaan isolator.

2. Studi Pustaka

2.1. Isolator

Isolator adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik yang berfungsi untuk memisahkan konduktor bertegangan dengan kerangka penyangga yang dibumikan.

Pada saluran transmisi dan distribusi, salah satu komponen yang harus lebih diperhatikan adalah isolasi, karena tegangan yang digunakan pada saluran cukup tinggi. Langkah yang perlu diambil untuk menghindarkan terjadinya kerusakan terhadap peralatan listrik akibat tegangan lebih dan loncatan bunga api, ialah dengan menentukan pemakaian isolator berdasarkan kekuatan daya isolasi (*dielectric strength*) dan kekuatan mekanis (*mechanical strength*) bahan-bahan isolator yang dipakai. Karena sifat suatu isolator di tentukan oleh bahan yang digunakan [1].

2.2. Isolator Terpolusi

Setelah melalui waktu yang cukup lama, isolator – isolator pasangan luar akan dicemari

oleh polutan yang dibawa oleh udara. Polutan ini dapat mempengaruhi konduktivitas permukaan dari isolator tersebut sehingga dapat menyebabkan kegagalan isolasi. Kondisi cuaca akan mempengaruhi polutan pada permukaan isolator.

Polutan yang menempel pada isolator dapat dibersihkan secara berkala dengan metode pembersihan khusus. Beberapa metode yang dilakukan dalam mengurangi dan mengeliminasi polutan yang menempel pada isolator diantaranya sebagai berikut:

1. Perpanjangan sirip
2. Pelapisan minyak
3. Pencucian berkala
4. Pelapisan RTV
5. Pelapisan kaca
6. Penggunaan isolator komposit [2]

2.3. Abu Vulkanik

Abu vulkanik merupakan mineral batuan vulkanik termasuk material glass yang memiliki ukuran sebesar pasir dan kerikil dengan diameter kurang lebih 2 mm yang merupakan hasil erupsi gunung berapi. Partikel abu sangat kecil tersebut dapat memiliki penampang lebih kecil dari 0,001 mm (1/25,000th of an inch). Abu vulkanik bukan merupakan produk pembakaran seperti abu terbang yang lunak dan halus seperti hasil pembakaran kayu, daun atau kertas. Abu vulkanik memiliki sifat sangat keras dan tidak larut didalam air sehingga seringkali sangat abrasif dan sedikit korosif serta mampu menghantarkan listrik ketika dalam keadaan basah [3].

Abu vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai halus, yang berukuran besar biasanya jatuh di sekitar kawah sampai radius 5-7 km, sedangkan yang halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan bahkan ribuan kilometer disebabkan oleh adanya hembusan angin [4].

Unsur yang paling berlimpah yang ditemukan dalam magma adalah silika (SiO_2) dan oksigen. Letusan riolit paling eksplosif menghasilkan abu felsic yang tinggi silika (> 69%), sedangkan jenis lain dari abu dengan komposisi menengah (misalnya, andesit atau dasit) memiliki kandungan silika antara 55-69%.

Debu vulkanik gunung Sinabung mengandung logam berat seperti : Tembaga (Cu) 46,35 ppm, Seng (Zn) 0,02%, Besi (Fe) 4,37%, Merkury <0,001 ppm dan logam berat

Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) lebih kecil dari limit of detection (LoD) sedangkan logam berat Arsen (As) tidak terdeteksi [5].

Struktur kristal padat pada abu vulkanik lebih berperan sebagai insulator dari konduktor. Namun, bila kandungan abu vulkanik yang dilarutkan ke dalam larutan dengan sumber air (misalnya : kabut, uap, hujan ringan dan lain-lain), abu dapat menjadi korosif dan konduktif secara elektrik.

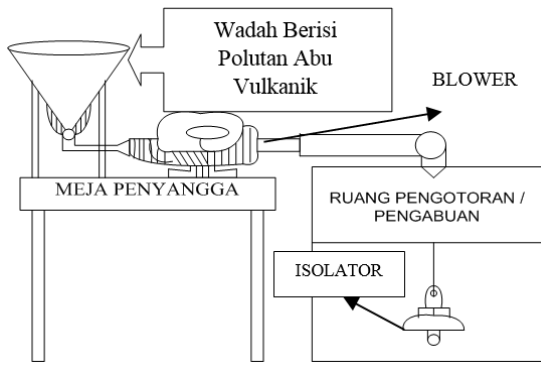
2.4. Pengaruh Kelembaban Udara Terhadap Arus bocor isolator terpolusi

Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Kelembaban yang dipengaruhi oleh perubahan cuaca di sekitar isolator akan sangat mempengaruhi kinerja suatu isolator yang dipasang di ruang terbuka. Pada musim hujan atau pada cuaca dingin, akan terjadi proses pembasahan kontaminan secara alami. Dimana saat cuaca dingin, kelembaban akan meningkat. Itu artinya konsentrasi uap air di udara meningkat sehingga lapisan kontaminan akan menyerap uap air dari udara, akibatnya lapisan kontaminan akan basah. Lapisan kontaminan yang basah ini membuat konduktivitas lapisan kontaminan akan berubah.

3. Metode Penelitian

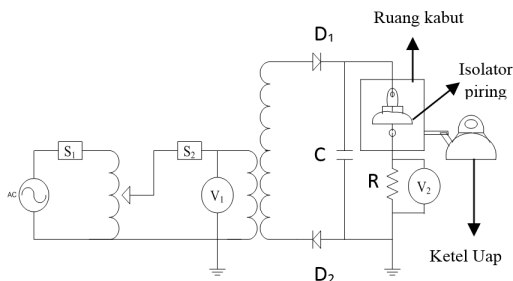
Penelitian dilakukan mulai tanggal 2 September 2014 sampai selesai di Lab. Tegangan Tinggi DTE USU.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai dari arus bocor isolator piring yang terpolusi abu vulkanik bila kelembaban udara sekitar berubah atau semakin meningkat. Isolator terlebih dahulu dibersihkan dan dikeringkan selama ± 24 jam. Lalu diukur nilai arus bocornya untuk berbagai tingkat kelembaban dan setelah itu isolator dipolutani didalam suatu ruangan kecil berbentuk persegi. Isolator dipolutani selama 10 detik, 20 detik, 30 detik, 40 detik, 50 detik, dan 60 detik. Dalam ruangan kecil tersebut abu vulkanik disemburkan dengan bantuan sebuah blower yang telah dirangkaikan sedemikian rupa seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Pengkondisian Isolator Secara Tiruan

Isolator yang sudah terpolusi abu vulkanik dimasukkan ke dalam suatu ruangan kaca/ruang kabut (ruangan uji yang tertutup). Dalam ruangan kaca/kabut dialirkan uap air melalui sebuah selang sampai kelembaban udara dalam ruang kaca mencapai nilai yang ditentukan dan dilakukanlah pengujian arus bocor yang mengalir di permukaan isolator tersebut. Pengujian arus bocor dilakukan dalam berbagai tingkat polusi dan kelembaban untuk tegangan masukan atau tegang pikul yang diberikan pada isolator berturut-turut 10 kV, 20 kV, dan 30 kV. Adapun isolator dirangkai sedemikian rupa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian percobaan

4. Hasil Dan Pembahasan

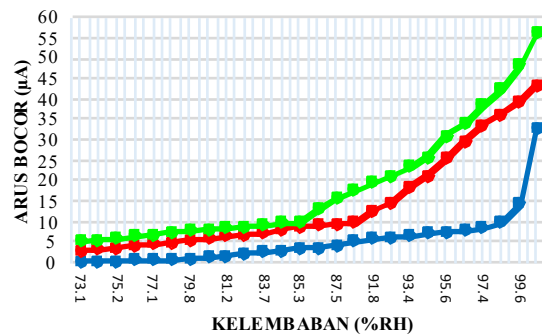
Data yang diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Data Arus Bocor Isolator dalam keadaan bersih
2. Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 10 detik
3. Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 20 detik
4. Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 30 detik
5. Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 40 detik
6. Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 50 detik

7. Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 60 detik

4.1.Data Arus Bocor Isolator dalam keadaan bersih

Dari percobaan diperoleh nilai arus bocor isolator pada keadaan bersih, pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 73.1% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah sebesar $0.41225 \mu A$, untuk tegangan pikul $V_2 = 20$ kV adalah sebesar $3.157 \mu A$, dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $5.35425 \mu A$. Pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 76.4% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah sebesar $0.683 \mu A$, untuk tegangan pikul $V_2 = 20$ kV adalah sebesar $4.3545 \mu A$, dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $6.64725 \mu A$. Pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 78.6% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah sebesar $0.793 \mu A$, untuk tegangan pikul $V_2 = 20$ kV adalah sebesar $5.213 \mu A$, dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $7.6235 \mu A$. Pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 100% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah sebesar $33.2325 \mu A$, untuk tegangan pikul $V_2 = 20$ kV adalah sebesar $43.71 \mu A$, dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $56.37 \mu A$.



- Arus Bocor Pada Tegangan 10 kV
- Arus Bocor Pada tegangan 20 kV
- Arus Bocor Pada Tegangan 30 kV

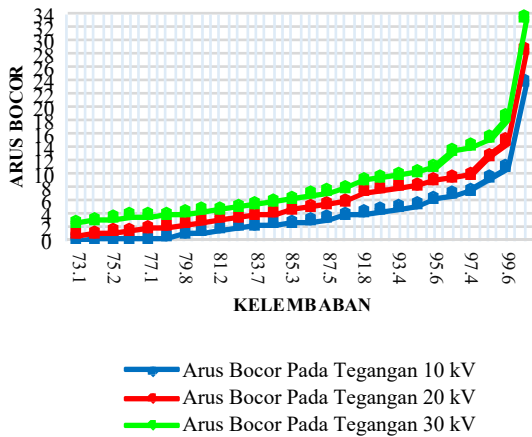
Gambar 3. Grafik arus bocor isolator dalam keadaan bersih pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing – masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

Dari grafik pada Gambar 3 terlihat bahwa ketika %RH (kelembaban relatif) dinaikkan terjadi kenaikan arus bocor permukaan isolator.

4.2.Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 10 detik

Dari percobaan diperoleh nilai arus bocor isolator, pada nilai kelembaban relatif (%RH)= 73.1% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah

sebesar 0.13275 μA , untuk tegangan pikul $V_2 = 20 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.86025 μA , dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30 \text{ kV}$ adalah sebesar 2.59425 μA . Pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 100% untuk tegangan pikul $V_1 = 10 \text{ kV}$ adalah sebesar 23.6275 μA , untuk tegangan pikul $V_2 = 20 \text{ kV}$ adalah sebesar 28.4025 μA , dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30 \text{ kV}$ adalah sebesar 33.2275 μA .

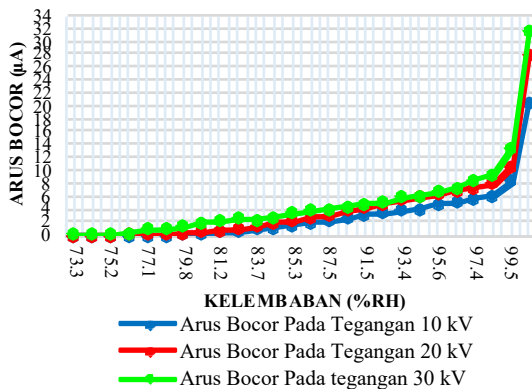


Gambar 4. Grafik arus bocor isolator dengan lama pengotoran 10 detik pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing-masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

Dari grafik pada Gambar 4 terlihat bahwa ketika %RH (kelembaban relatif) dinaikkan terjadi kenaikan arus bocor permukaan isolator.

4.3.Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 20 detik

Dari percobaan diperoleh nilai arus bocor isolator pada keadaan bersih, pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 73.3% untuk tegangan pikul $V_1 = 10 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.00623 μA , untuk tegangan pikul $V_2 = 20 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.0122 μA , dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.09805 μA .



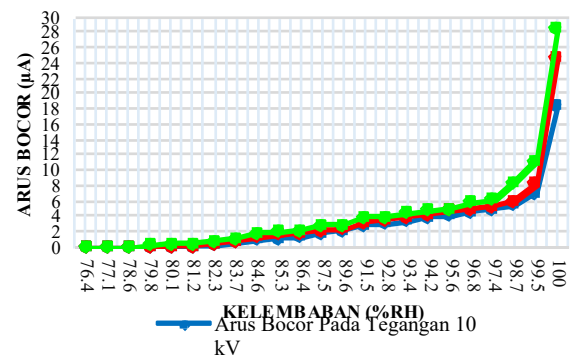
Gambar 5. Grafik arus bocor isolator dengan lama pengotoran 20 detik pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing-masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

lama pengotoran 10 detik pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing-masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

Dari grafik pada Gambar 5 terlihat bahwa ketika %RH (kelembaban relatif) dinaikkan terjadi kenaikan arus bocor permukaan isolator. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya kelembaban maka permukaan isolator menjadi semakin basah. Akibatnya tahanan permukaan isolator semakin menurun sehingga arus bocor yang mengalir di permukaan isolator semakin meningkat.

4.4.Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 30 detik

Dari percobaan diperoleh nilai arus bocor isolator pada keadaan bersih, pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 76.4% untuk tegangan pikul $V_1 = 10 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.01245 μA , untuk tegangan pikul $V_2 = 20 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.03748 μA , dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.05425 μA .



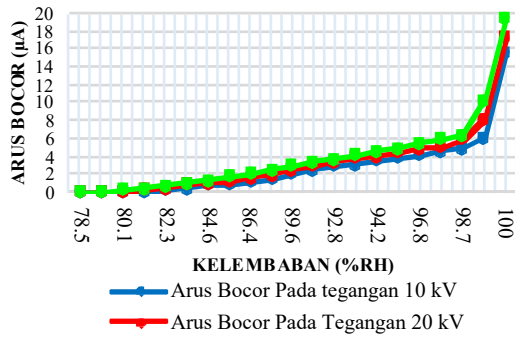
Gambar 6. Grafik arus bocor isolator dengan lama pengotoran 30 detik pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing-masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

Dari grafik pada Gambar 6 terlihat bahwa ketika %RH (kelembaban relatif) dinaikkan terjadi kenaikan arus bocor permukaan isolator. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya kelembaban maka tahanan permukaan isolator semakin menurun sehingga arus bocor yang mengalir di permukaan isolator semakin meningkat.

4.5.Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 40 detik

Dari percobaan diperoleh nilai arus bocor isolator, pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 78.5% untuk tegangan pikul $V_1 = 10 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.03465 μA , untuk tegangan pikul $V_2 = 20 \text{ kV}$ adalah sebesar 0.06243 μA , dan untuk

tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $0.0911 \mu A$.

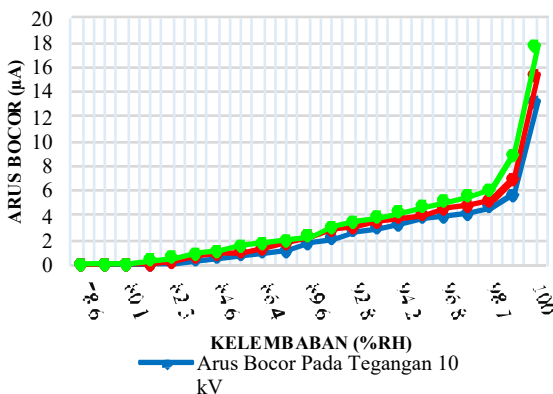


Gambar 7. Grafik arus bocor isolator dengan lama pengotoran 40 detik pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing-masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

Dari grafik pada Gambar 7 terlihat bahwa ketika %RH (kelembaban relatif) dinaikkan terjadi kenaikan arus bocor permukaan isolator. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya kelembaban maka permukaan isolator menjadi semakin basah. Akibatnya tahanan permukaan isolator semakin menurun sehingga arus bocor yang mengalir di permukaan isolator semakin meningkat.

4.6.Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 50 detik

Dari percobaan diperoleh nilai arus bocor isolator pada keadaan bersih, pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 78.6% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah sebesar $0.0187 \mu A$, untuk tegangan pikul $V_2 = 20$ kV adalah sebesar $0.04775 \mu A$, dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $0.0743 \mu A$.

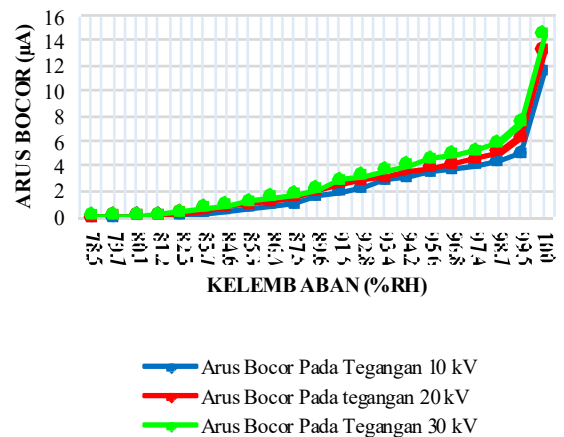


Gambar 8. Grafik arus bocor isolator dengan lama pengotoran 50 detik pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing-masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

Dari grafik pada Gambar 8 terlihat bahwa ketika %RH (kelembaban relatif) dinaikkan terjadi kenaikan arus bocor permukaan isolator. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya kelembaban maka permukaan isolator menjadi semakin basah. Akibatnya tahanan permukaan isolator semakin menurun sehingga arus bocor yang mengalir di permukaan isolator semakin meningkat.

4.7.Data Arus Bocor Isolator dengan lama pengotoran 60 detik

Dari percobaan diperoleh nilai arus bocor isolator pada keadaan bersih, pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 78.5% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah sebesar $0.00959 \mu A$, untuk tegangan pikul $V_2 = 20$ kV adalah sebesar $0.01763 \mu A$, dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $0.049 \mu A$. Pada nilai kelembaban relatif (%RH) = 100% untuk tegangan pikul $V_1 = 10$ kV adalah sebesar $11.69 \mu A$, untuk tegangan pikul $V_2 = 20$ kV adalah sebesar $13.3 \mu A$, dan untuk tegangan pikul $V_1 = 30$ kV adalah sebesar $14.5125 \mu A$.



Gambar 9. Grafik arus bocor isolator dengan lama pengotoran 60 detik pada berbagai tingkat kelembaban untuk tegangan pikul masing-masing 10 kV, 20 kV, dan 30 kV.

Dari seluruh grafik yang diperoleh terlihat bahwa ketika %RH (kelembaban relatif) dinaikkan, maka terjadi kenaikan arus bocor yang mengalir di permukaan isolator. Hal ini karena semakin meningkatnya nilai kelembaban disekitar permukaan isolator akan membuat polutan berupa abu vulkanik yang menempel dipermukaan isolator akan semakin basah. Akibatnya nilai tahanan polutan yang menempel di permukaan isolator semakin rendah. Semakin rendahnya nilai tahanan

tersebut, maka semakin besar nilai arus bocor yang mengalir di permukaan isolator. Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa semakin lama isolator dipolutani (semakin bertambahnya kadar polutan yang menempel di permukaan isolator) maka terjadi penurunan nilai arus bocor yang mengalir di permukaan isolator. Hal ini terjadi karena kandungan kimia yang terkandung di dalam abu vulkanik kering yang menempel di permukaan isolator adalah berupa silika. Dimana silika merupakan suatu bahan isolator.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari percobaan terlihat bahwa semakin meningkatnya nilai kelembaban untuk seluruh pengotoran isolator maka arus bocor yang mengalir di permukaan isolatorpun semakin meningkat.
2. Dari Percobaan diperoleh bahwa semakin meningkatnya kadar abu vulkanik kering yang menempel pada permukaan isolator maka semakin menurun nilai arus bocor yang mengalir di permukaan isolator. Abu vulkanik akan konduktif secara elektrik apabila terjadi penambahan kadar air (misalnya dengan meningkatnya kelembaban) pada abu vulkanik tersebut.
3. Dari seluruh nilai arus bocor yang diperoleh pada percobaan ini, didapat bahwa $I_B < 1$ mA yang artinya bahwa pada seluruh nilai kelembaban termasuk pada nilai kelembaban tertinggi yaitu 100% RH, isolator tersebut masih layak untuk dipakai. (Sesuai dengan PUIL 2000 ayat 3.9.3 - C).

6. Daftar Pustaka

- [1] Suswanto, Daman. 2009. *Diktat Kuliah: Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas negeri Padang.
- [2] Kuffel, E., dkk, *High Voltage Engineering: Fundamentals*, edisi kedua, Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.
- [3] Bayuseno, Athanasius P. 2010. *Sintesis Semen Geopolimer Berbahan Dasar Abu Vulkanik dari Erupsi Gunung Merapi*. Semarang: Universitas Diponegoro.

- [4] Sudaryo, Sutjipto. 2009. "*Identifikasi dan penentuan logam pada tanah vulkanik didaerah Cangkringan Kabupaten Sleman dengan metode analisis aktivasi neutron cepat,*" Seminar nasional V SDM teknologi nuklir, Yogyakarta.
- [5] Daniel S, Albert. 2012. *Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Konstanta Kisi Debu Vulkanik Gunung Sinabung*. Medan: Departemen Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara.
- [6] Angelina. 2012. *Pengaruh Kelembaban Udara terhadap Arus Bocor Isolator Post 20 kV Terpolusi*. Medan: Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [7] Tobing, Bonggas L. 2012. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Edisi kedua. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [8] Wilvian. 2012. *Pengaruh Kelembaban terhadap Tegangan Flashover AC Isolator Piring*. Medan: Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.