

PENGARUH PEMBERSIHAN OLEH HUJAN TERHADAP ARUS BOCOR ISOLATOR *PIN-POST* 20 KV TERPOLUSI

Zico Venancio Sinaga, Hendra Zulkarnain

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
Email: new.v3n4nc10@gmail.com

Abstrak

Isolator yang terpasang pada ruangan terbuka akan dilapisi polutan yang berasal dari lingkungan di sekitarnya. Sedikit banyaknya (intensitas) polutan akan mempengaruhi konduktivitas permukaan isolator dan menyebabkan arus bocor (*leakage current*) mengalir pada permukaan isolator. Akan tetapi ketika cuaca hujan, air hujan akan mengikis polutan yang menempel pada isolator sedikit demi sedikit. Hal ini tentu saja akan mempengaruhi intensitas polutan tersebut, sehingga arus bocornya juga ikut berubah. Dalam *paper* ini akan diamati pengaruh pembersihan yang dilakukan terhadap besarnya nilai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator yang terpolusi asam nitrat (HNO_3) dan nilai ESDD-nya. Penelitian menunjukkan bahwa semakin sering diterpa oleh hujan, maka konduktivitas polutan semakin berkurang. Pada isolator uji yang digunakan, penurunan konduktivitas polutan akibat pembersihan yang dilakukan oleh hujan adalah 1 sampai 8 kali. Menurunnya konduktivitas polutan, menyebabkan arus bocor isolator juga menurun sebesar 1 sampai 6 kali dari keadaan awal isolator terpolusi.

Kata kunci: arus bocor, isolator *pin-post*, polutan, ESDD, hujan

1. Pendahuluan

Kebanyakan isolator dipasang pada saluran listrik hantaran udara. Karena dipasang pada ruangan terbuka, permukaan isolator menjadi rawan polusi. Polutan berupa debu, asap-asap kendaraan, maupun garam akan menempel pada permukaan isolator dan berangsur-angsur membentuk suatu lapisan kontaminan. Lapisan kontaminan ini akan mempengaruhi konduktivitas permukaan isolator[1].

Konduktivitas permukaan isolator dipengaruhi oleh intensitas polutan. Semakin tinggi intensitas polutan, maka semakin besar konduktivitas permukaan isolator. Karena konduktivitas berbanding terbalik terhadap resistivitas, maka tahanan permukaan isolator semakin berkurang. Hal ini menyebabkan mengalirnya arus bocor (*leakage current*) pada permukaan isolator.

Akan tetapi pengikisan (pembersihan) yang dilakukan hujan terhadap polutan yang menempel pada isolator, membawa dampak pada intensitas polutan tersebut. Semakin sering terkena hujan, seharusnya akan mengurangi kadar intensitas polutan. Dengan demikian, konduktivitas

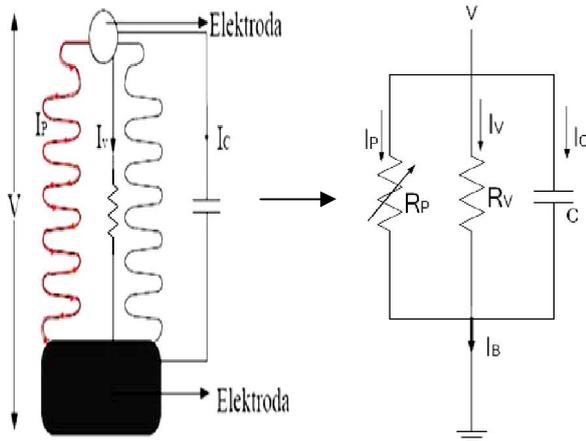
permukaan isolator yang berubah mempengaruhi besar kecilnya arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator tersebut.

2. Tahanan Isolator, Pengukuran Tingkat Polusi, dan Daya Hantar Listrik

Apabila isolator memikul tegangan DC, maka arus akan mengalir melalui permukaan dan bagian dalam isolator. Arus yang melalui permukaan disebut arus permukaan. Sedangkan hambatan yang dialami arus ini disebut tahanan permukaan. Arus yang melalui bagian dalam isolator disebut arus volume dan hambatan yang dialami arus tersebut disebut tahanan volume. Besarnya tahanan volume dipengaruhi oleh bahan isolator yang digunakan. Sedangkan besarnya tahanan permukaan dipengaruhi oleh kondisi dari permukaan isolator. Jumlah arus volume dan arus permukaan disebut arus bocor.

Jika tegangan yang dipikul isolator adalah tegangan AC, maka selain kedua jenis arus tersebut, pada isolator juga mengalir arus kapasitif. Arus kapasitif terjadi karena adanya

kapasitansi yang dibentuk isolator dengan elektroda. Pada Gambar 1 ditunjukkan arus permukaan, arus volume dan arus kapasitif yang mengalir pada suatu isolator.



Gambar 1 Arus bocor pada permukaan isolator[1]

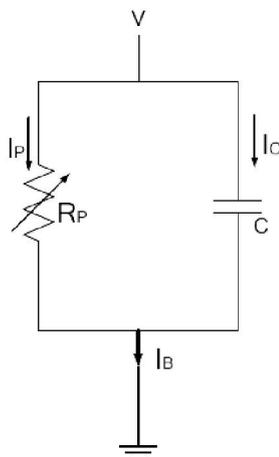
Menurut Gambar 1, arus bocor yang mengalir melalui suatu isolator adalah:

$$I_B = I_P + I_C + I_V \dots\dots\dots(1)$$

Karena tahanan volume relatif besar dibandingkan dengan tahanan permukaan, maka menyebabkan arus volume dapat diabaikan. Sehingga, arus bocor total menjadi:

$$I_B = I_P + I_C \dots\dots\dots(2)$$

Dengan demikian, tahanan ekivalen isolator menjadi seperti pada Gambar 2.



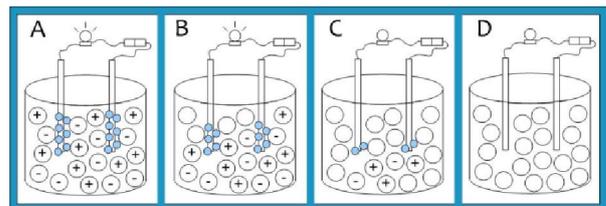
Gambar 2 Rangkaian ekivalen arus bocor pada isolator[1]

Tahanan permukaan isolator dapat bervariasi, bergantung pada material yang menempel pada permukaan isolator. Keadaan iklim, daerah pemasangan isolator serta kelembaban udara menjadi faktor yang

mempengaruhi besar dari tahanan permukaan isolator. Polutan yang menempel pada permukaan isolator akan menyebabkan tahanan permukaan isolator turun dan meningkatkan besar arus permukaan yang mengalir pada permukaan isolator sehingga arus bocor semakin besar.

Ada banyak metode untuk menentukan bobot polusi isolator. Metode yang umum digunakan adalah metode ESDD (*Equivalent Salt Deposit Density*) dan tinjauan lapangan. Metode ESDD dilakukan dengan mengukur konduktivitas polutan kemudian disetarakan dengan bobot garam dalam larutan air yang konduktivitasnya sama dengan konduktivitas polutan tersebut[2].

Larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena di dalam larutan tersebut terkandung atom-atom atau kumpulan atom yang bermuatan listrik (ion) yang bergerak bebas[3]. Molaritas suatu larutan elektrolit mempengaruhi daya hantar listrik larutan tersebut. Semakin tinggi molaritas suatu larutan elektrolit, maka akan semakin besar daya hantar listrik di antara kedua elektroda. Atau dengan kata lain, semakin banyak jumlah zat suatu elektrolit, maka akan semakin tinggi konduktivitasnya. Sebaliknya, semakin rendah molaritasnya, maka semakin kecil daya hantar listriknya (konduktivitas berkurang).



Gambar 3 Pengaruh molaritas larutan HNO₃ (a) 1M (b) 0,5M (c) 0,1M (d) 0M (air biasa) terhadap daya hantar listrik[4]

Gambar 3 (a) menunjukkan bahwa larutan HNO₃ 1M menghantarkan arus listrik dengan baik. Hal ini tampak dari nyala lampu yang terang dan banyak terdapat gelembung pada larutan tersebut. Pada Gambar 3 (b), nyala lampu masih terang, tetapi gelembung yang dihasilkan sedikit. Pada Gambar 3 (c), lampu tidak lagi menyala, tetapi masih terdapat gelembung meskipun sedikit. Pada Gambar 3 (d), baik nyala lampu maupun gelembung tidak ada lagi[4].

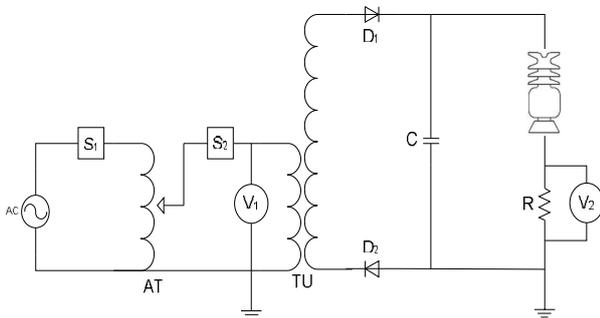
Dari keterangan di atas, kita dapat menyimpulkan bahwa isolator yang terpolusi asam dengan kadar molaritas polutan yang berbeda-beda, akan mempengaruhi konduktivitas

permukaan isolator. Perubahan konduktivitas polutan pada isolator menyebabkan perubahan pada arus bocor isolator.

3. Metode Penelitian

Eksperimen dilakukan di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara mulai bulan Desember 2013.

Penelitian kasus dilakukan dengan menghujani isolator yang sudah diberi polutan dengan menggunakan peralatan pembuat simulasi hujan. Pertama-tama isolator *pin-post* (objek uji) disemprotkan larutan asam nitrat (HNO₃). Isolator dikeringkan dalam suatu ruang tertutup selama 24 jam. Isolator terpolusi yang sudah kering tersebut kemudian diletakkan di bawah peralatan pembuat simulasi hujan. Peralatan pembuat hujan mencurahkan air hujan, yang sebelumnya sudah ditampung, ke atas isolator yang terpolusi selama ± 1 jam, lalu dikeringkan selama 24 jam. Isolator dirangkai seperti pada Gambar 4 dan diberi tegangan 11,5 kV (V_{p-n}), kemudian diukur arus bocornya. Proses penghujanan selanjutnya dilakukan dengan mengulangi langkah pengotoran isolator dan dimulai dari penghujanan pertama kali secara berturut-turut sampai arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator mencapai titik jenuh terendah, sehingga diperoleh suatu kurva yang menyatakan hubungan antara arus bocor dengan kadar (persentase) polutan.



Gambar 4 Rangkaian percobaan

Keterangan: AT = autotrafo; TU = trafo uji; S₁ = saklar utama; S₂ = saklar sekunder; V₁ = voltmeter internal; V₂ = voltmeter eksternal; D₁ = D₂ = dioda; C = kapasitor; R = resistor uji (1 kΩ)

4. Hasil dan Analisis

Dari hasil percobaan yang dilakukan, maka dapat diperoleh:

1. Kondisi isolator bersih

Dari hasil percobaan ketika isolator dalam keadaan bersih, diperoleh tegangan rata-rata (V_{rata-rata}) sebesar 0,66667 V dan arus bocor sebesar 0,67 mA.

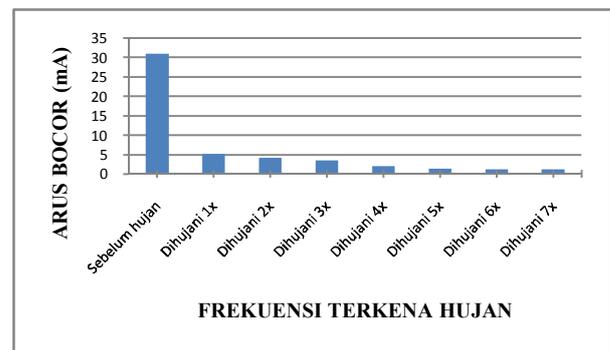
2. Kondisi isolator terpolusi berat

Dari hasil percobaan, diperoleh data arus bocor saat isolator terpolusi berat.

Tabel 1 Arus bocor isolator terpolusi berat

Keadaan	V _{rata-rata}	Arus Bocor (mA)
Sebelum hujan	31,10939	31,11
Dihujani 1x	5,30346	5,30
Dihujani 2x	4,21379	4,21
Dihujani 3x	3,64030	3,64
Dihujani 4x	2,11498	2,11
Dihujani 5x	1,47484	1,47
Dihujani 6x	1,30893	1,31
Dihujani 7x	1,30030	1,30

Berdasarkan data pada Tabel 1, diperoleh hubungan antara arus bocor dengan keadaan sebelum dan setelah hujan.



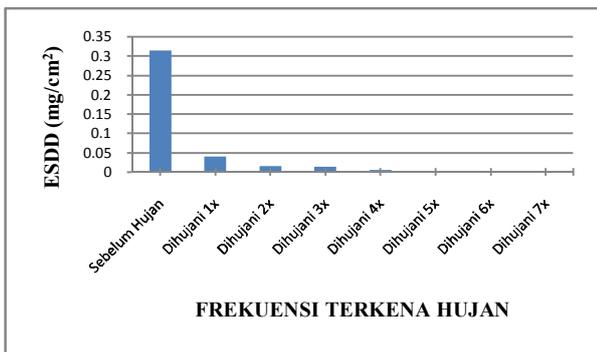
Gambar 5 Arus bocor isolator yang terpolusi berat pada berbagai keadaan

Dari hasil percobaan, diperoleh data penurunan nilai ESDD saat isolator terpolusi berat.

Tabel 2 Hubungan antara ESDD dan arus bocor isolator yang terpolusi berat

Keadaan	ESDD	Arus Bocor (A)
Sebelum Hujan	0,315	0,031109
Dihujani 1x	0,039	0,005303
Dihujani 2x	0,014	0,004214
Dihujani 3x	0,012	0,003640
Dihujani 4x	0,004	0,002115
Dihujani 5x	0,001	0,001475
Dihujani 6x	0,001	0,001309
Dihujani 7x	0,001	0,001300

Berdasarkan data pada Tabel 2, diperoleh hubungan antara nilai ESDD dengan keadaan sebelum dan setelah hujan.



Gambar 6 Nilai ESDD isolator yang terpolusi berat

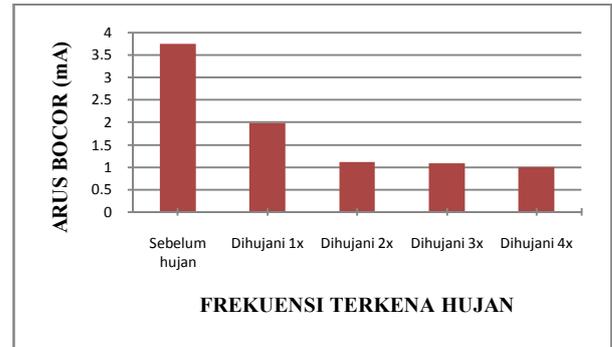
3. Kondisi isolator terpolusi sedang

Dari hasil percobaan, diperoleh data arus bocor saat isolator terpolusi sedang.

Tabel 3 Arus bocor isolator terpolusi sedang

Keadaan	V _{rata-rata}	Arus Bocor (mA)
Sebelum hujan	3,76092	3,76
Dihujani 1x	1,99054	1,99
Dihujani 2x	1,12019	1,12
Dihujani 3x	1,08912	1,09
Dihujani 4x	0,99979	1,00

Berdasarkan data pada Tabel 3, diperoleh hubungan antara arus bocor dengan keadaan sebelum dan setelah hujan.



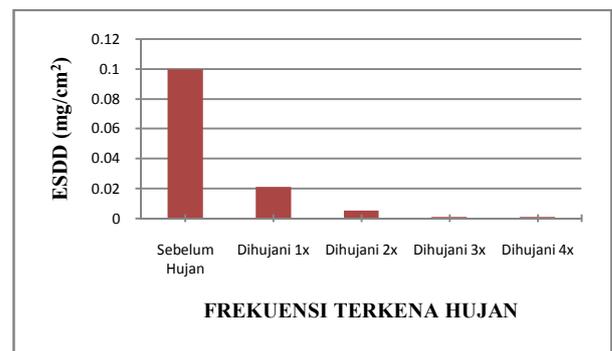
Gambar 7 Arus bocor isolator yang terpolusi sedang pada berbagai keadaan

Dari hasil percobaan, diperoleh data penurunan nilai ESDD saat isolator terpolusi sedang.

Tabel 4 Hubungan antara ESDD dan arus bocor isolator yang terpolusi sedang

Keadaan	ESDD	Arus Bocor (A)
Sebelum Hujan	0,100	0,003761
Dihujani 1x	0,021	0,001991
Dihujani 2x	0,005	0,001120
Dihujani 3x	0,001	0,001089
Dihujani 4x	0,001	0,001000

Berdasarkan data pada Tabel 4, diperoleh hubungan antara nilai ESDD dengan keadaan sebelum dan setelah hujan.



Gambar 8 Nilai ESDD isolator yang terpolusi sedang

4. Kondisi isolator terpolusi ringan

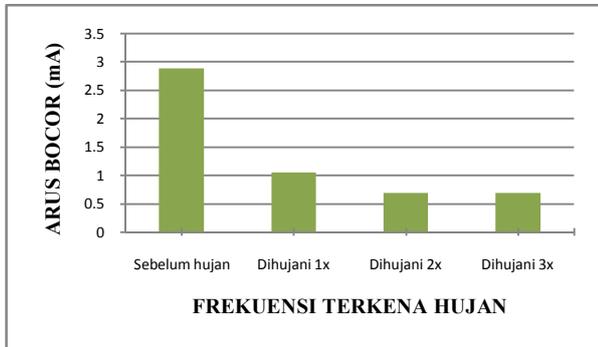
Dari hasil percobaan, diperoleh data arus bocor saat isolator terpolusi ringan.

Tabel 5 Arus bocor isolator terpolusi ringan

Keadaan	V _{rata-rata}	Arus Bocor (mA)
Sebelum hujan	2,89239	2,89

Dihujani 1x	1,06013	1,06
Dihujani 2x	0,69980	0,70
Dihujani 3x	0,70010	0,70

Berdasarkan data pada Tabel 5, diperoleh hubungan antara arus bocor dengan keadaan sebelum dan setelah hujan.



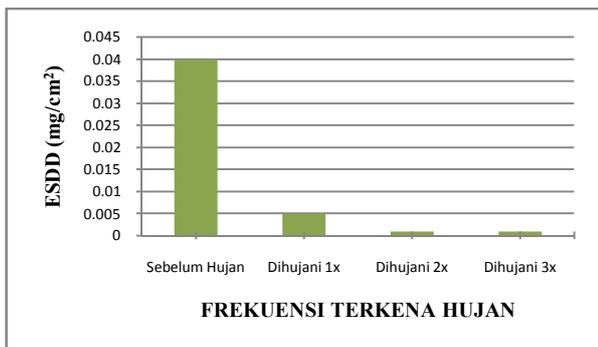
Gambar 9 Arus bocor isolator yang terpolusi ringan pada berbagai keadaan

Dari hasil percobaan, diperoleh data penurunan nilai ESDD saat isolator terpolusi ringan.

Tabel 6 Hubungan antara ESDD dan arus bocor isolator yang terpolusi ringan

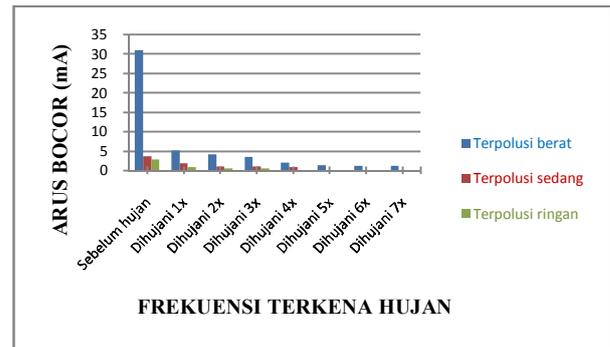
Keadaan	ESDD	Arus Bocor (A)
Sebelum Hujan	0,040	0,002892
Dihujani 1x	0,005	0,001060
Dihujani 2x	0,001	0,00070
Dihujani 3x	0,001	0,00070

Berdasarkan data pada Tabel 6, diperoleh hubungan antara nilai ESDD dengan keadaan sebelum dan setelah hujan.



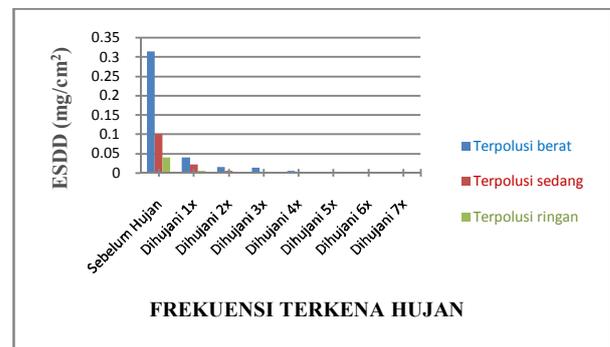
Gambar 10 Nilai ESDD isolator yang terpolusi ringan

5. Perbandingan arus bocor dan nilai ESDD pada berbagai keadaan



Gambar 11 Perbandingan arus bocor pada berbagai keadaan

Dari grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 11, arus bocor isolator berkurang setelah beberapa kali terkena hujan.



Gambar 12 Perbandingan nilai ESDD isolator pada berbagai keadaan

Dari grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 12, nilai ESDD juga ikut berkurang setelah beberapa kali terkena hujan.

5. Kesimpulan

Dari hasil analisa data yang diperoleh dari percobaan yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembersihan yang dilakukan oleh hujan mempengaruhi arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator yang terpolusi. Semakin sering diterpa oleh hujan, arus bocor yang mengalir akan semakin kecil dan mendekati arus bocor isolator pada saat bersih.
2. Dari arus bocor yang diperoleh ketika isolator dalam keadaan bersih, maka isolator tersebut masih layak pakai karena $I_B < 1 \text{ mA}$ (PUIL 2000 ayat 3.9.3-C).

Ketika isolator terpolusi berat, isolator masih belum layak pakai karena sesering apapun terkena hujan, arus bocor yang mengalir masih tetap lebih besar dari 1 mA. Ketika isolator terpolusi sedang, isolator telah layak pakai setelah empat kali terkena hujan. Ketika isolator terpolusi ringan, isolator telah layak pakai setelah dua kali terkena hujan.

3. Pembersihan yang dilakukan oleh hujan tidak dapat menjamin arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator *pin-post* mencapai nilai yang sama pada saat isolator tersebut bersih.

Daftar Pustaka

- [1] Angelina. 2012. *Pengaruh Kelembaban Udara terhadap Arus Bocor Isolator Post 20 kV Terpolusi*. Skripsi. Medan: Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [2] Wilvian. 2012. *Pengaruh Kelembaban terhadap Tegangan Flashover AC Isolator Piring*. Skripsi. Medan: Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [3] Seran, Emel. (2010). *Hubungan Molaritas Larutan dengan Massa*. [online]. Tersedia: <http://wanibesak.wordpress.com/tag/hubungan-molaritas-larutan-dengan-massa/>
- [4] Brawiansyah, Mochammad Rendri. (2012). *Hubungan Daya Hantar Listrik dan Kekuatan Asam*. [online]. Tersedia: <http://www.scribd.com/doc/92434025/Hubungan-Daya-Hantar-Listrik-Dan-Kekuatan-Asam>