

LEMBAR PERSETUJUAN

**KAJIAN UNJUK KERJA KELISTRIKAN
ARESTER PORSELEN DAN ARESTER POLIMER PADA SISTEM TEGANGAN 20 KV**

**Makalah Seminar Hasil
Kosentrasi Energi Elektrik**



Disusun oleh:

Muhammad Iqbal Bayhaqi Fauzy

NIM. 105060307111013-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Moch. Dhofir, Drs., Ir., M.T.

NIP. 19600701 199002 1 001

Ir. Teguh Utomo, MT

NIP. 19650913 199103 1 003

**KAJIAN UNJUK KERJA KELISTRIKAN
ARESTER PORSELEN DAN ARESTER POLIMER PADA SISTEM TEGANGAN 20 KV**

Muhammad Iqbal Bayhaqi Fauzy¹, Drs. Ir. Moch. Dhofir, M.T.², Ir. Teguh Utomo, M.T.³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: 105060307111013@mail.ub.ac.id

Abstrak – Pada pengujian arester dalam kondisi kering, nilai arus bocor yang terukur pada arester polimer lebih tinggi daripada nilai arus bocor pada arester porselen. Tercatat nilai arus bocor pada arester polimer pada pengujian dengan tegangan uji 5 kV sebesar 6.3 μ A. Sedangkan untuk nilai arus bocor pada arester porselen nilai tegangan uji yang sama tercatat sebesar 40.5 μ A. Untuk pengujian arester dalam kondisi basah, arester diuji menggunakan tegangan 5 kV-20 kV dengan berbagai tingkat pembasahan. Tingkat pembasahan yang digunakan adalah 2.75 – 4.02 liter/menit. Tingkat pembasahan mengacu pada intensitas curah hujan kota Malang. Dalam kondisi basah, nilai arus bocor arester polimer lebih baik dibandingkan nilai arus bocor arester porselen. Pada nilai tegangan uji dan tingkat pembasahan yang sama, nilai arus bocor yang tercatat pada microammeter sebesar 6070 μ A untuk arester porselen dan 38.38 μ A untuk arester polimer. Meningkatnya nilai arus bocor pada arester porselen dikarenakan menurunnya nilai resistansi pada permukaan arester. Hal ini disebabkan sifat dari permukaan kedua arester berbeda. Pada pengujian sudut kontak kedua arester, diketahui bahwa arester porselen memiliki sudut kontak sebesar 24.529°. Nilai tersebut masuk dalam kategori hidrofilik. Sedangkan untuk arester polimer sudut kontak adalah 109.891°. Berdasarkan perhitungan nilai sudut kontak, arester polimer dikategorikan bersifat hidrofobik atau sifat menolak air.

Kunci kunci – arester, porselen, polimer, arus bocor, resistansi permukaan, sudut kontak, hidrofilik, hidrofobik,.

I. PENDAHULUAN

Arester merupakan peralatan proteksi tegangan lebih terhadap surja petir. Sebagai alat proteksi, arester akan memotong tegangan lebih sebelum sampai pada peralatan listrik. Sehingga tegangan lebih yang masuk dalam peralatan masih di bawah BIL (*Basic Insulation Level*) peralatan listrik yang diamankan.

Sebelumnya, PLN masih memakai arester porselen sebagai alat proteksi terhadap surja petir. Namun dengan perkembangan teknologi, arester polimer mulai digunakan. Alasan penggunaan arester polimer ditinjau dari proses pembuatan arester porselen yang memerlukan pembakaran dengan temperatur tinggi. Hal ini

menyebabkan pemborosan energi dan menghasilkan polusi bagi lingkungan hidup. Dengan digunakannya arester polimer diharapkan dapat mengatasi masalah efisiensi energi dan masalah polusi bagi lingkungan hidup.

Arester digunakan pada ruang terbuka, oleh karena itu performa kerja dari arester, sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti curah hujan, intensitas sambaran petir, polutan. Kota Malang merupakan daerah yang mempunyai intensitas hujan cukup tinggi. Rata-rata intensitas curah hujan di kota Malang adalah 1000-1500mm per tahun dengan kelembapan berkisar 68-96% (BMKG, 2014).

Intensitas hujan yang tinggi menyebabkan kekuatan dielektrik udara akan turun. Hal ini akan membahayakan arester karena dapat menyebabkan terjadinya tegangan lompatan api (*flashover*) pada arester. *Flashover* merupakan peristiwa kegagalan isolator mengisolir konduktor bertegangan dengan konduktor lain, sehingga terjadi aliran arus bocor melalui udara di sekitar permukaan arester. Saat hujan, resistansi pada permukaan arester akan turun. Turunnya nilai resistansi ini disebabkan karena pada permukaan arester akan terlapisi air hujan yang membuat tahanan arester semakin rendah. Rendahnya tahanan arester akan menyebabkan arus bocor pada permukaan arester meningkat. sehingga dalam jangka waktu tertentu dapat menimbulkan tegangan *flashover* pada arester.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Arester

Arester atau juga disebut *Lightning Arester* adalah suatu alat plindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap surja petir (*surge*) dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. Dipasang pada atau dekat peralatan yang dihubungkan dari fasa konduktor ke tanah. Sesuai dengan fungsinya itu maka arester harus dapat menahan tegangan sistem pada frekuensi 50 Hz untuk waktu yang terbatas dan harus dapat melewatkan surja arus ke tanah tanpa mengalami kerusakan pada arester itu sendiri.. Arester membentuk jalan yang mudah untuk dilalui oleh arus kilat atau petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang nilainya tinggi pada peralatan. Selain melindungi peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan lebih eksternal, arester juga melindungi

peralatan dari tegangan lebih yang diakibatkan oleh tegangan surja hubung.

B. Prinsip Kerja Arester

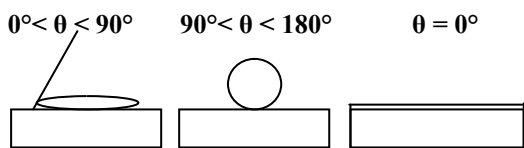
Pada umumnya prinsip kerja arester cukup sederhana yaitu membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir sehingga tidak timbul tegangan yang lebih tinggi pada peralatan listrik lainnya. Pada kondisi kerja yang normal, arester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja akibat adanya petir maka arester akan berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah tegangan surja itu hilang maka arester harus dengan cepat kembali berlaku sebagai isolator, sehingga pemutus tenaga (PMT) tidak sempat membuka. Pada kondisi yang normal (tidak terkena petir).

C. Arus Bocor

Arus bocor permukaan arester tergantung dari kondisi polutan yang menyebabkan kontaminasi permukaan. Polutan dapat berasal dari daerah pinggir laut / pantai, industri, debu vulkanik. Selain itu juga tergantung pada iklim dan kondisi cuaca. Pembasahan lapisan kontaminasi oleh kelembaban yang tinggi, butir-butir air, pembasahan air hujan yang rintik-rintik mengakibatkan elektrolit yang konduktif, sehingga resistansi permukaan akan menjadi kecil, dan kemudian akan mengalir arus bocor permukaan.

D. Sudut Kontak

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk antara permukaan bahan uji dengan air yang diteteskan ke permukaan bahan uji. Pengukuran sudut kontak pada suatu bahan isolasi dilakukan untuk mengetahui sifat permukaan bahan, hidrofobik atau hidrofilik. Sifat hidrofobik merupakan suatu karakteristik bahan isolasi, dalam keadaan terpolusi, bahan masih mampu bersifat menolak air yang jatuh dipermukaannya. Sifat hidrofobik berguna untuk isolasi pasangan luar karena dalam keadaan basah atau lembab tidak akan terbentuk lapisan air yang kontinu pada permukaan isolator, sehingga permukaan isolator tetap memiliki konduktivitas yang rendah, akibatnya arus bocor sangat kecil (Amin, M. Et.al., 2007).



Gambar 1 Klasifikasi sudut kontak

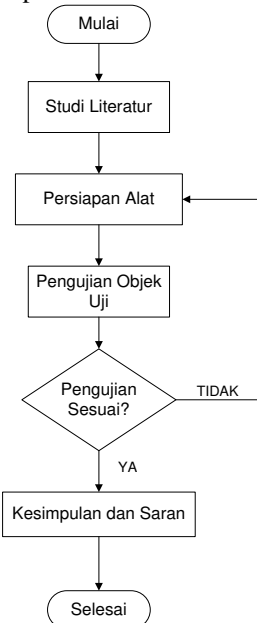
Sumber: Hasse, 2008:206

Para Peneliti mengkalsifikasikan permukaan material dengan kuantitas sudut kontak yaitu permukaan material sangat basah (hidrofilik) bila sudut kontak cairan pada permukaannya lebih kecil dari 30° . Bila sudut kontak antara 30° sampai dengan 89° , permukaan material disebut basah sebagian (*partially wetted*). Sudut kontak lebih dari 90° disebut hidrofobik atau bersifat menolak air. (Shaowu, W. et.al., 2002).

III. METODE PENELITIAN

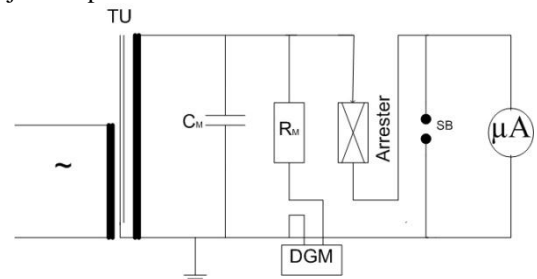
A. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah untuk menyelesaikan pengujian nilai arus bocor pada arester ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

Rangkaian Pengukuran arus bocor pada arester porselen dalam pengujian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Pengukuran arus bocor pada arester

Keterangan gambar:

1. Arester: Obyek uji
2. TU : Trafo Uji 220V/100kV, kVA
3. C_M : Pembagi kapasitif (10.000 pF)
4. SB : Susunan elektroda bola-bola

5. *DSM* : Alat ukur tegangan tinggi AC
6. μA : Microamperemeter
7. *RM* : Resistor ukur (280 M Ω)

B. Variabel Penelitian

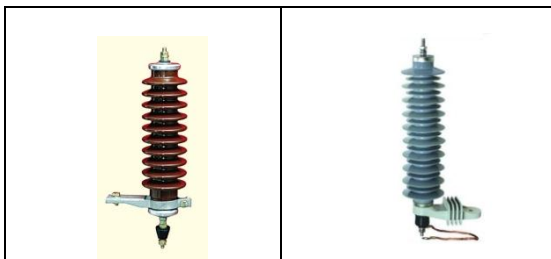
Variabel yang terkait dengan penelitian ini adalah jenis arester yang digunakan, nilai tegangan uji, dan tingkat pembasahan.

C. Objek Uji

Objek uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah arester jenis porselen dan arester polimer yang digunakan pada sistem tegangan 20 kV dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Arestor

	Arestor	
	Porselen	Polimer
Tipe	BV-24AI	CA 21/10.1
Tegangan Dasar	20 kV	20 kV
Jarak Rambut	61 cm	69 cm
Berat	5.4 kg	3.7 kg



Gambar 4 Objek uji arester porselen dan arester polimer

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat, masing-masing pengujian jenis arester akan menggunakan 2 buah sampel arester.

D. Sistem Pengujian

Pengujian dilakukan pada arester dengan spesifikasi yang telah ditentukan yaitu arester porselen dan arester polimer untuk sistem tegangan 20 kV. Pengujian karakteristik nilai arus bocor arester ini dilakukan di Laboratorium Tegangan Tinggi Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Pengujian nilai arus bocor kondisi kering, kondisi pengujian ini menggambarkan kondisi normal saat arester terpasang di lapangan dalam keadaan cuaca cerah. Pengujian dilakukan dengan menaikkan tegangan dari 5 kV hingga 20 kV. Setiap kenaikan tegangan uji diambil data nilai arus bocornya. Pengujian nilai arus bocor dari arester porselen dan arester polimer dibawah pengaruh tingkat pembasahan dilakukan dengan memberikan intensitas tingkat pembasahan yang bervariasi sesuai dengan intensitas curah hujan pada kota Malang. Catat

hasil pengukuran pada tabel dan disajikan dalam grafik.

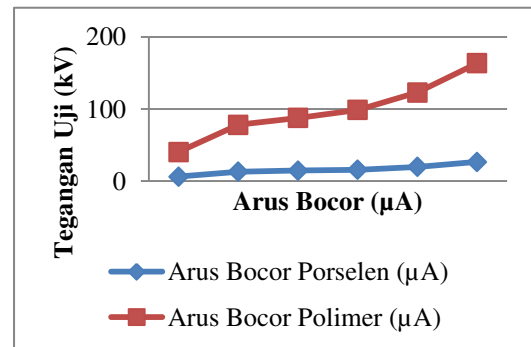
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Arestor dalam Kondisi Kering

Hasil pengujian nilai arus bocor arester porselen dan arester polimer pada kondisi kering dengan variasi tegangan uji dari nilai 5 kV, 10 kV, 11 kV, 12 kV, 15 kV, dan 20 kV diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Data hasil pengujian

Tegangan Uji (kV)	Arus Bocor Porselen (μA)	Arus Bocor Polimer (μA)
5	6.3	40.5
10	13.0	78.1
11	14.8	87.8
12	15.7	98.9
15	19.8	122.9
20	26.5	163.6



Gambar 5 Grafik pengaruh tegangan uji terhadap arus bocor pada kondisi kering

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai arus bocor pada arester porselen lebih kecil dibandingkan nilai arus bocor pada arester polimer. Pada tegangan uji 5 kV nilai arus bocor pada arester porselen sebesar 6.3 μA . Sedangkan pada arester polimer nilai arus bocornya sebesar 40.5 μA . Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi kering, arester porselen lebih bagus dibandingkan dengan arester polimer.

B. Perhitungan Tingkat Pembasahan

Untuk mengetahui berapa volume air yang disiramkan pada arester, digunakan alat pengukur tekanan (*pressure gauge*). Dengan alat pengukur tekanan, akan diketahui berapa tekanan volume air yang mengalir pada pipa. Dari tekanan yang terukur tersebut akan dilakukan percobaan, setiap tekanan dalam satuan psi ekuivalen dengan volume berapa liter. Metode pengukuran volume air dengan cara mengatur tekanan air yang keluar dari alat penyiram. Tekanan diatur mulai dari nilai 4 psi -

18 psi. Kemudian air disiramkan dengan sudut kemiringan 45° pada sebuah wadah penyiraman selama 1 menit. Setelah itu akan dihitung berapa volume air yang tertampung dalam 1 menit.

Tabel 3 Data hasil perhitungan

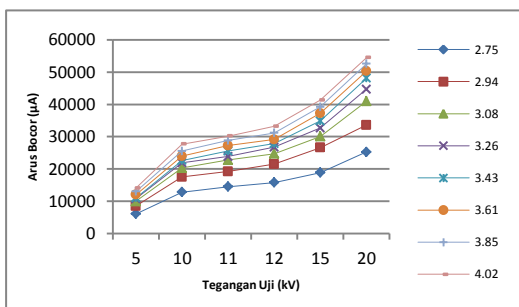
No	Tekanan (psi)	Volume Air (mililiter)	Tingkat Pembasahan (liter/menit)
1	4	2473	2.47
2	5	2749	2.75
3	6	2944	2.94
4	7	3085	3.08
5	8	3261	3.26
6	9	3426	3.43
7	10	3615	3.61
8	11	3850	3.85
9	12	4021	4.02
10	13	4121	4.12
11	14	4274	4.27
12	15	4474	4.47
13	16	4592	4.59
14	17	4686	4.69
15	18	4839	4.84

C. Pengujian Arester dalam Kondisi Basah

Hasil pengujian nilai arus bocor pada arester porselen ditunjukkan pada Tabel 4. Sedangkan nilai arus bocor pada arester polimer ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Data hasil pengujian

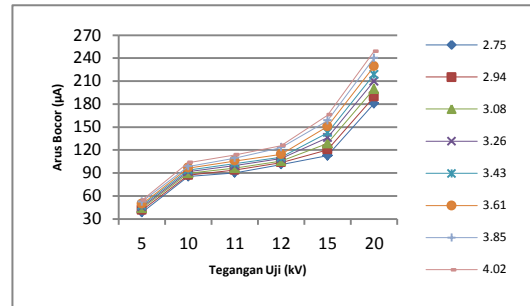
Tingkat Pembasahan (lt/menit)	Arus Bocor (μA)					
	5 kV	10kV	11 kV	12 kV	15 kV	20 kV
2.75	6070	12835	14530	15785	18890	25260
2.94	8545	17533	19240	21506	26613	33600
3.08	10020	20296	22776	24713	30055	40950
3.26	10806	21880	23903	26776	32690	44670
3.43	11053	22663	25573	27860	34853	48100
3.61	12050	23960	27233	29123	37273	50265
3.85	13013	25565	28843	31183	39236	52550
4.02	14085	27690	30163	33186	41300	54433



Gambar 6 Grafik pengaruh tingkat pembasahan terhadap nilai arus bocor dengan variasi tegangan uji pada arester porselen

Tabel 5 Data hasil pengujian

Tingkat Pembasahan (lt/menit)	Arus Bocor (μA)					
	5 kV	10 kV	11 kV	12 kV	15 kV	20 kV
2.75	38.38	85.30	90.23	101.03	112.60	180.43
2.94	41.30	86.97	93.70	103.60	120.20	189.35
3.08	43.73	89.60	96.23	105.47	128.33	199.53
3.26	45.47	91.67	99.53	108.83	136.03	209.50
3.43	47.31	93.77	102.37	110.53	142.35	218.37
3.61	49.23	96.53	105.63	114.27	150.63	229.10
3.85	52.37	98.53	109.40	123.23	158.40	239.93
4.02	54.06	103.36	113.36	125.43	165.36	248.36

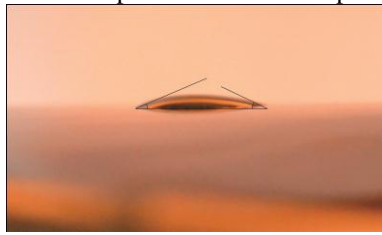


Gambar 7 Grafik pengaruh tingkat pembasahan terhadap nilai arus bocor dengan variasi tegangan uji pada arester polimer

Berdasarkan hasil pengujian nilai arus bocor pada arester porselen lebih besar dari pada nilai arus bocor pada arester polimer. Pada arester porselen, meningkatnya nilai arus bocornya sangat signifikan, karena sifat dari material porselen yaitu hidrofilik. Dalam pengujian kondisi kering, nilai arus bocor porselen pada tegangan uji 5 kV adalah 6.3 μA . Sedangkan pada pengujian kondisi basah dengan tegangan uji yang sama, nilai arus bocornya meningkat sampai 6070 μA . Meningkatnya nilai arus bocor ini dipengaruhi oleh air yang terdapat pada permukaan arester yang menyebabkan resistansi permukaan dari arester menurun, sehingga konduktivitas permukaan arester meningkat. Hal ini yang menyebabkan arus bocor dalam kondisi pengujian basah lebih besar daripada pengujian dalam kondisi kering. Sedangkan pada arester polimer, meningkatnya nilai arus bocornya tidak signifikan pada arester porselen. Pengujian arester polimer pada kondisi kering dengan tegangan uji 5 kV menghasilkan nilai arus bocor sebesar 40.5 μA . Untuk pengujian arester polimer pada kondisi basah dengan tegangan uji yang sama, nilai arus bocornya sebesar 38.38 μA .

D. Pengujian Sudut Kontak Arester

Tabel 6 adalah hasil pengujian sudut kontak pada arester porselen dan arester polimer.

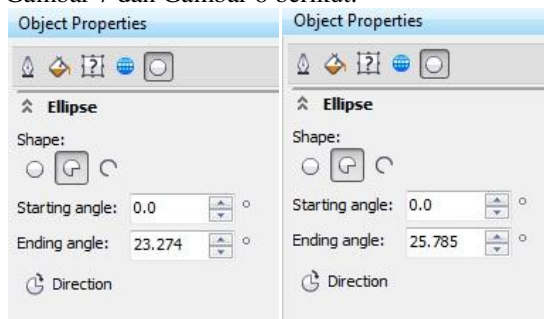


Gambar 8 Pemotretan sudut kontak pada arester porselen



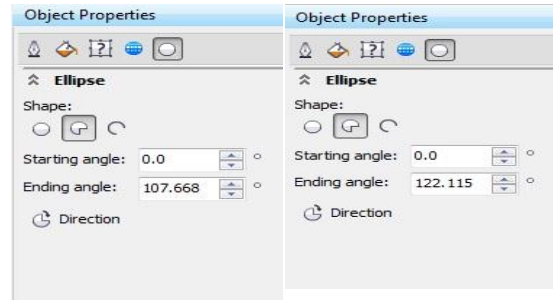
Gambar 9 Pemotretan sudut kontak pada arester polimer

Dari hasil pemotretan sudut kontak tetesan air pada permukaan arester, gambar yang didapat akan diolah dengan menggunakan *software* CorelDRAW pada perangkat komputer guna melihat berapa besar sudut kanan dan sudut kiri tetesan air pada permukaan arester. Nilai sudut kontak kanan dan nilai sudut kontak kiri pada kedua jenis arester ditampilkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 berikut:



a b

Gambar 10 Perhitungan sudut kontak arester porselen a. Perhitungan sudut kontak kanan b. Perhitungan sudut kontak kiri.



a b

Gambar 11. Perhitungan sudut kontak arester porselen a. Perhitungan sudut kontak kanan b. Perhitungan sudut kontak kiri.

Tabel 6 Data hasil pengujian

Arester	Sudut kontak kanan	Sudut kontak kiri	Sudut kontak rata-rata
Porselen	23.274°	25.785°	24.529°
Polimer	107.668°	112.115°	109.891°

Dari hasil pengukuran sudut kontak pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa nilai rata-rata sudut kontak arester polimer lebih dari nilai 90°. Nilai tersebut masuk dalam kategori bersifat hidrofobik atau sifat menolak air. Sedangkan nilai sudut kontak arester porselen berada pada kisaran 0° - 30°. Nilai ini menunjukkan bahwa sifat permukaan arester porselen adalah sangat basah. Hal ini yang menyebabkan nilai arus bocor pada arester porselen lebih besar dari pada arester polimer. Arester porselen karena sifatnya yang mudah menyerap air, pada saat air disemprotkan pada arester menyebabkan permukaan arester basah yang mengakibatkan nilai resistansi permukaan menurun dan nilai arus bocor meningkat. Sedangkan pada arester polimer, sifatnya yang menolak air menyebabkan air yang disiramkan pada arester hanya membasahi sebagian permukaan arester saja. Karena itu nilai arus bocor pada arester polimer tidak naik signifikan pada arester porselen.

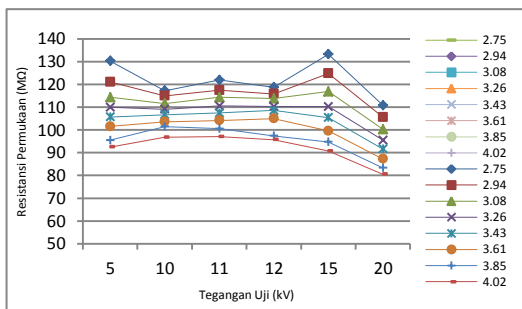
E. Perhitungan Nilai Resistansi Permukaan Arester dalam Kondisi Basah

Pembasahan pada permukaan arester menyebabkan nilai resistansi permukaan arester menurun. Dengan menurunnya nilai resistansi permukaan arester mengakibatkan konduktivitas arester meningkat. Hal ini yang menyebabkan nilai arus bocor pada permukaan arester semakin meningkat. Pada tingkat pembasahan yang bervariasi, semakin tinggi nilai tegangan uji yang diberikan, semakin besar nilai arus bocornya, maka nilai resistansi permukaan arester akan semakin turun. Tabel 7 dan Tabel 8 adalah hasil perhitungan nilai

resistansi permukaan pada arester polimer dalam kondisi pengujian basah.

Tabel 7 Data hasil perhitungan

Tingkat Pemasahan (lt/menit)	Resistansi Permukaan (MΩ)					
	5 kV	10 kV	11 kV	12 kV	15 kV	20 kV
2.75	0.824	0.779	0.757	0.760	0.794	0.792
2.94	0.585	0.570	0.572	0.558	0.564	0.595
3.08	0.499	0.493	0.483	0.486	0.499	0.488
3.26	0.463	0.457	0.460	0.448	0.459	0.448
3.43	0.452	0.441	0.430	0.431	0.430	0.416
3.61	0.415	0.417	0.404	0.412	0.402	0.398
3.85	0.384	0.391	0.381	0.385	0.382	0.381
4.02	0.355	0.361	0.365	0.362	0.363	0.367

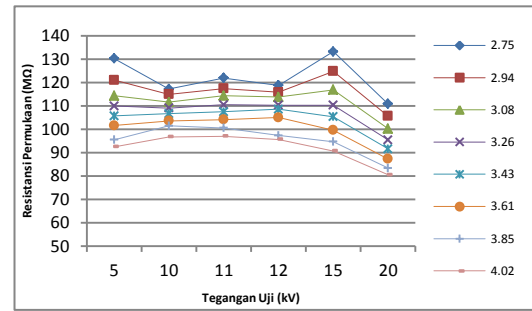


Gambar 12 Grafik pengaruh tingkat pembersihan terhadap nilai resistansi permukaan dengan berbagai variasi tegangan uji pada arester porselen

Dari Gambar diatas, diketahui bahwa nilai resistansi semakin menurun dengan naiknya tingkat pembersihan yang diberikan. Pada setiap tingkat pembersihan yang diberikan, untuk nilai tegangan uji 5 kV-20 kV nilai resistansinya cenderung konstan.

Tabel 8 Data hasil perhitungan

Tingkat Pemasahan (lt/menit)	Resistansi Permukaan (MΩ)					
	5 kV	10 kV	11 kV	12 kV	15 kV	20 kV
2.75	130.27	117.23	121.91	118.77	133.21	110.84
2.94	121.06	114.98	117.39	115.83	124.79	105.62
3.08	114.33	111.60	114.30	113.77	116.88	100.23
3.26	109.96	109.08	110.51	110.26	110.27	95.46
3.43	105.68	106.64	107.45	108.56	105.37	91.58
3.61	101.56	103.59	104.13	105.01	99.58	87.29
3.85	95.47	101.49	100.54	97.37	94.69	83.35
4.02	92.49	96.74	97.03	95.67	90.71	80.52



Gambar 13 Grafik pengaruh tingkat pembersihan terhadap nilai resistansi permukaan dengan berbagai variasi tegangan uji pada arester polimer

Pada Grafik diatas menunjukkan hubungan antara nilai resistansi permukaan arester polimer dengan tingkat pembersihan. Dapat dilihat pada Gambar diatas, bahwa nilai resistansi permukaan arester polimer semakin menurun seiring dengan naiknya tingkat pembersihan yang diujikan. Untuk setiap tingkat pembersihan, pada nilai tegangan uji 5 kV – 15 kV resistansi permukaannya cenderung konstan. Pada saat nilai tegangan uji melebihi nilai 15 kV, nilai resistansinya mengalami penurunan yang signifikan.

V. PENUTUP

Pada penelitian ini, kesimpulan yang dapat diambil adalah:

- Pada Kondisi cuaca normal (kering), nilai arus bocor pada arester porselen lebih rendah dibandingkan nilai arus bocor arester polimer .
- Pada Kondisi pengujian basah, nilai arus bocor pada arester polimer tercatat lebih rendah daripada nilai arus bocor pada arester porselen. Hal ini dikarenakan, pada saat kondisi basah nilai resistansi arester porselen jauh menurun dibandingkan nilai resistansi pada arester polimer.
- Berdasarkan pengujian sudut pada kedua jenis arester, arester porselen memiliki sudut kontak dibawah 90°. Nilai tersebut masuk dalam kategori basah sebagian, arester porselen lebih bersifat hidrofilik. Sedangkan pada arester polimer, nilai sudut kontaknya lebih besar dari 90 °. Arestor polimer masuk dalam kategori hidrofobik atau bersifat menolak air. Jadi permukaan arester polimer tidak sebasah dibandingkan permukaan arester porselen. Hal ini yang menyebabkan nilai arus bocor dalam pengujian kondisi basah pada arester polimer lebih kecil daripada nilai arus bocor pada arester polimer..

Pada penelitian ini, saran yang dapat diberikan yaitu perlu dilakukan penelitian untuk jenis arester yang lain, semisal pada arester dengan material gelas. Selain itu perlu ditambahkan penelitian nilai arus bocor dengan menggunakan polutan dan penggaraman. Penelitian pada sisi proteksi terhadap surja hubung, bisa dilakukan dengan membandingkan waktu titik potong kedua arester.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, A. 1983. *Teknik Tegangan Tinggi Suplemen*. Jakarta: GhaliaIndonesia.
- Hutauruk, T. S. 1989. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Jakarta: Erlangga.
- Hasse, P. 2008. *Overvoltage Protection of Low Voltage Systems*. London: The Institution ofEngineering and Technology.
- Arismunandar, Wiranto, 1997. *Teknik Tenaga Listrik I*. Bandung: ITB Press.
- Arismunandar, A., Prof. Dr. 1983. *Teknik Tegangan Tinggi Suplemen*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Kind, D. 1993. *Teknik Eksperimental Tegangan Tinggi*. Terjemahan K.T. Sirait. Bandung : Penerbit ITB.
- Arismunandar, A. 1978. *Teknik Tegangan Tinggi*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Arismunandar, A., Kuwahara, S. 1982. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik*, jilid II. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Tobing, Bonggas L. 2003. *Peralatan Tegangan Tinggi*. Jakarta : PT Gramedia Pudtaka Utama
- E. Kuffel, W.S. Zaengl, J. Kuffel. 2005. *High Voltage Engineering Fundamental*. Newnes
- M.S. Naidu, V. Kamaraju. 2004. *High Voltage Engineering*. Mc Graw Hill
- Amin, M. etal., 2007. *Hidrophobicity of Silicone Rubber Used For Outdoor Insulation (An Overview)* Advanced Study Center CO.Ltd.
- Shaowu, W. et.a;., 2002. *Hydrophobicity Changing of Silicone Rubber Insulator in Service*, 21, rue d'artols F-5008, Paris