

SIMULASI KARAKTERISTIK ARUS BOCOR DAN SIFAT HIDROFOBİK KE LAPISAN POLUSI PERMUKAAN ISOLATOR POLIMER *SILICONE RUBBER*

Wahyu Agung Ramadhan Amiruddin
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar
wahyuagungramadhan01@gmail.com

Salama Manjang
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar
salamamanjang@unhas.ac.id

Ikhlas Kitta
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar
ikhaskitta@gmail.com

Abstract-- Isolator polimer *silicone rubber* memiliki kelebihan diantaranya beban lebih ringan, sifat rugi dielektrik yang lebih kecil, serta resistivitas volume yang lebih tinggi. Kelebihan lain adalah proses produksi yang relatif lebih cepat dan biaya produksi yang lebih murah. Selain kelebihan tersebut isolator jenis isolator polimer *silicone rubber* juga memiliki kekurangan, yaitu menurunnya kinerja isolator apabila digunakan pada daerah berpolutan tinggi. Skripsi ini dilakukan percobaan terhadap isolator polimer *silicone rubber* dengan memberikan polutan buatan. Isolator pada transmisi tegangan tinggi yang terkontaminasi akan memiliki konduktansi yang berbeda-beda, Semakin besar konduktansi dari lapisan pengotor maka arus bocor yang terjadi akan semakin besar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana isolator polimer *silicone rubber* dipengaruhi oleh polutan-polutan yang ada. Pengujian dilakukan terhadap bahan-bahan seperti garam-garaman (NaCl), debu (CaCO₃), dan *Carbon* sebagai polutan asap kendaraan bermotor. Dari penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan antara lain, berkurangnya tahanan pada permukaan konduktor selain dipengaruhi oleh konsentrasi endapan garam juga dipengaruhi oleh daya higroskopis dan daya rekat polutan pada permukaan isolator, semakin jauh jarak antar elektroda yang diambil untuk mengukur tahanan permukaan, maka tahanan akan bertambah, pada kadar 100 gram dan 300 gram, CaCO₃ memiliki tahanan permukaan yang paling rendah, sedangkan pada kadar 500 gram, *Carbon* merupakan polutan yang menyebabkan kadar permukaan terendah. Serta Penelitian ini didalamnya memuat sebuah simulasi menggunakan Aplikasi Python untuk perhitungan arus bocor, dengan parameter KEG (Konsentrasi Endapan Garam), dan tahanan permukaan agar mempermudah dalam melakukan pengolahan data hasil pengukuran data penelitian.

Keywords— Aplikasi Python, Arus Bocor, Polutan, *Silicone Rubber*, Tahanan Permukaan

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi, inovasi material multifungsi menjadi sebuah kebutuhan umum, material hidrofobik menjadi salah satu inovasi para peneliti untuk mengembangkan material multifungsi. Salah satu komponen kelistrikan yang memegang peranan penting adalah isolator sebagai peralatan pemisah bagian-bagian yang bertegangan dengan yang tidak bertegangan serta penahan dan penopang kawat saluran. Isolator listrik mulai tegangan menengah, tegangan tinggi maupun tegangan ekstra tinggi yang dipergunakan pada sistem kelistrikan di Indonesia (Pravita & Dahlan, 2013).

Hidrofobik berasal dari kata hidro (air) dan fobik (tidak suka) suatu sifat yang tidak mampu menyerap dan menerima air, zat yang bersifat hidrofobik adalah zat yang tidak dapat larut didalam air tetapi dapat larut didalam minyak. Sedangkan Hidrofilik berasal dari kata hidro (air) dan filik (suka) suatu sifat yang mampu menyerap dan menerima air, zat-zat yang bersifat hidrofilik adalah zat yang dapat dilarutkan didalam air. Isolator polimer *silicone rubber* yang memiliki sifat menolak air (*hydrophobicity*), bahkan mampu memulihkan (*Recovery*) dan memindahkan (*Transfer*) sifat hidrofobiknya ke lapisan polusi menyebabkan lapisan polusi ikut bersifat hidrofobik. Sifat hidrofobik dan kemampuannya mentransfer sifat tersebut ke lapisan polusi sangat bermanfaat bagi isolator listrik pasangan luar karena dalam kondisi lembab, basah atau hujan tidak akan memberi peluang terbentuknya lapisan air yang kontinu sehingga konduktivitas permukaan isolator tetap rendah dengan demikian arus bocor (*leakage current*) yang terjadi sangat kecil. Beberapa parameter penting untuk mengetahui kinerja dari isolator pasang luar, yaitu besar arus bocor yang mengalir pada permukaan isolator, sifat hidrofobik permukaan isolator dan hasil *Scanning Electron Microscopy* (SEM) permukaan isolator serta pengembangan bahan pengisi (*filler*) dari isolator polimer telah banyak dilakukan para peneliti oleh (Niemi & Orbeck, 1972) serta (Ramivas dkk 2009) (Brown & dkk, 2009).

Berdasarkan hasil dari pemaparan yang ada maka kami tertarik melakukan penelitian mengenai

“SIMULASI KARAKTERISTIK ARUS BOCOR DAN SIFAT HIDROFOBİK KE LAPISAN POLUSI PERMUKAAN ISOLATOR POLIMER *SILICONE RUBBER*”. Pada penelitian ini menggunakan data sekunder dari jurnal penelitian yang disimulasikan dengan menggunakan *software* Python. Pada penelitian ini, dilakukan simulasi arus bocor, konsentrasi endapan garam dan tahanan permukaan isolator polimer silicone rubber.

II. STUDI LITERATUR

A. Hidrofobisitas

Hidrofobisitas dari bahan adalah suatu resistansi untuk mengalirkan air pada permukaannya. Suatu bahan disebut memiliki sifat hidrofobik yang tinggi jika air sulit mengalir pada permukaannya, dan disebut kurang hidrofobik jika air mudah mengalir pada permukaan bahan tersebut. Permukaan hidrofobik disebut anti air sedangkan bahan disebut hidrofilik jika air dengan mudah mengalir pada permukaannya. Hidrofobisitas bahan dapat dijelaskan menggunakan sudut kontak pada permukaan bahan tetesan cairan membuat saat kontak dengan permukaan padat; sudut ini adalah ukuran keterbasahan permukaan. Materi yang mudah basah memungkinkan air menyentuh area permukaan yang besar dan karenanya membuat sudut kontak kurang dari 90° , dapat dilihat pada Gambar 2.1 (Manjang & dkk, 2016).



Gambar 1. Bentuk dari butiran air pada permukaan hidrofobik dan permukaan

B. Isolator

Isolator adalah alat yang berfungsi sebagai isolasi dan pemegang mekanis dari perlengkapan atau penghantar yang dikenai beda potensial. Jika isolator gagal dalam kegunaannya sebagai pemisah antara saluran bertegangan dengan saluran tidak bertegangan (pentanahan), maka penyaluran energi tersebut akan gagal atau tidak optimal. Pengaruh keadaan udara sekitar dan polutan yang menempel pada permukaan yang menyebabkan permukaan isolator bersifat konduktif. Dalam menentukan sebuah isolator yang akan dibuat serta bagaimana unjuk kerjanya dalam melayani suatu sistem tenaga listrik ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan yaitu, sifat-sifat kandungan material dengan bahan dasar untuk membuat isolator kemampuannya pada cuaca buruk, keadaan saat terkontaminasi serta pertimbangan masalah biaya produksi (Arismunandar, 2001).

C. Bahan Dielektrik Isolator

Sifat dielektrik material polimer tergantung pada susunan atom/molekul dan komponen kimianya. Bilamana suatu material isolasi ingin dikaji biasanya digunakan tegangan tinggi yang kuat, namun tidak mungkin untuk menyimpulkan penyebab peluahan tembus dengan hanya mengetahui tegangan peluahan tembus karena isolasi dalam daerah tembus menjadi rusak. Oleh karena itu parameter ukur yang digunakan untuk mengkaji material isolasi yang tidak merusak adalah permitivitas relatif ϵ_r dan faktor disipasi $\tan \delta$ (Markis, 2012).

D. Isolator Polimer

- Polimer

Isolator Polimer adalah isolator yang dikembangkan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan dari isolator porselen dan gelas dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Isolator polimer (Tobing, 2003)

Seperti yang terlihat pada gambar diatas, isolator polimer memiliki beberapa bagian utama yaitu, inti berbentuk batang (*rod*) yang terbuat dari bahan polimer, fitting yang terbuat dari bahan logam dan bahan antar muka (*interface*) (Waluyo, et al., 2010).

1. Karakteristik Listrik Polimer

Karakteristik listrik suatu material dapat ditentukan dengan memperhatikan besaran listrik seperti (Markis, 2012):

1. Kekuatan hancur dielektrik atau bahan isolasi (ketahanan terhadap medan listrik).

Tegangan listrik maksimum yang dapat ditahan suatu isolator tanpa merusak sifat isolasinya dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$E = \frac{V}{h} \quad (2.1)$$

Keterangan:

E = kekuatan hancur dielektrik

V = tegangan tembus dielektrik atau material isolasi

h = ketebalan dielektrik

2. Tahanan isolasi

Terdiri dari tahanan jenis dan tahanan volume baik untuk saluran panjang maupun untuk permukaan. Tahanan jenis dan tahanan volume dapat diperoleh melalui persamaan:

$$\rho = \frac{(R.A)}{h} \quad (2.2)$$

$$\gamma = \frac{1}{\rho} \quad (2.3)$$

Keterangan:

ρ = tahanan jenis

γ = tahanan volume

R = tahanan

A = luas permukaan

h = Panjang

3. Konstanta dielektrik dan faktor kerugian dielektrik
Konstanta dielektrik menyatakan besarnya polarisasi yang terjadi pada dielektrik, sedangkan rugi dielektrik adalah energi yang diserap oleh dielektrik dalam satu satuan waktu jika bahan tersebut berada dalam medan listrik, sehingga bahan dielektrik tersebut menjadi panas hal ini terjadi pada tegangan dc maupun ac. Bahan polimer banyak yang bersifat isolator dan tahan terhadap medan listrik. Oleh karena itu, sering digunakan sebagai isolator listrik.

E. Sudut Kontak Hidrofobik

Hidrofobik adalah salah satu sifat yang dimiliki oleh bahan isolasi karet silikon, yang mana apabila dalam keadaan terpolusi mampu mentransfer sifat menolak air kepermukaan bahan yang semulah terdegradasi oleh karena polusi, sehingga sifat hidrofobiknya masih mampu dipertahankan seperti seting awal bahan isolator saat beroperasi. Peristiwa tersebut dikenal dengan kinerja reaksi berat molekul rendah (BMR) yang naik diatas permukaan. Sifat hidrofobik suatu bahan isolasi dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran sudut kontak, dapat dilihat pada Gambar 3 (Zulkaida, 2003).



Gambar 3. Karakter Sudut kontak bahan isolator terhadap air (Gambar Pribadi)

Dari gambar tersebut dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian besar (Zulkaida, 2003):

1. Bahan yang bersifat basah (*Hydrophilic*) yaitu memiliki sudut kontak cairan dengan permukaan bahan isolasi kurang dari 30 derajat.
2. Bahan yang bersifat basah sebagian (*Partially wetted*) yaitu memiliki sudut kontak cairan dengan permukaan bahan isolasi pada interval 30 hingga 89 derajat.
3. Bahan yang bersifat tidak basah (*hydrophobicity*) yaitu memiliki sudut kontak cairan dengan permukaan bahan isolasi lebih besar 90 derajat.

F. Bahan Pengisi (Silika)

Silika atau dikenal dengan silikon dioksida (SiO_2) merupakan senyawa yang banyak ditemui

dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pasir kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama seperti kuarsa dan feldspar. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO , dan K_2O , berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya (Fernandez, 2012).

G. Polutan

Sebagian besar polutan dibawa oleh angin yang sangat mempengaruhi pembentukan endapan polutan pada permukaan isolator. Polutan yang terdapat di udara dapat menempel pada permukaan isolator dan akan membentuk lapisan tipis pada permukaan isolator. Sumber air bersih yang diperoleh dari air tanah semakin berkurang. Salah satu alternatif pemenuhan kebutuhan air bersih dengan memanfaatkan air laut menggunakan metode desalinasi. Indonesia merupakan negara yang sebagian besar wilayahnya berupa lautan, sehingga tersedia banyak bahan baku untuk proses desalinasi. Desalinasi merupakan cara pemisahan garam dan mineral lainnya dari air laut, air payau maupun air dari hasil olahan limbah untuk mendapatkan air murni. Secara umum kandungan garam-garam terlarut yang paling banyak terdapat dalam air laut adalah kalsium karbonat (CaCO_3), kalsium sulfat (CaSO_4) dan natrium klorida (NaCl). Untuk mendukung proses desalinasi diperlukan data-data pendukung yang meliputi data pengendapan larutan murni CaCO_3 dan CaSO_4 maupun pengendapan larutan campuran CaCO_3 dan CaSO_4 dengan garam yang lain, khususnya NaCl . Data tersebut bermanfaat untuk mengatasi "scaling" yang sering muncul dalam sistem pengolahan air laut. Reaksi pengendapan CaSO_4 murni berbeda dibandingkan dengan larutan CaSO_4 yang bercampur dengan garam lain (Mullin, J. W., 2001).

a. CaCO_3

Kalsium karbonat ialah senyawa kimia dengan formula CaCO_3 . Senyawa ini merupakan bahan yang umum dijumpai pada batu di semua bagian dunia, dan merupakan komponen utama cangkang organisme laut, siput, bola arang, mutiara, dan kulit telur. Kalsium karbonat ialah bahan aktif di dalam kapur pertanian, dan tercipta apabila ion Ca di dalam air keras bereaksi dengan ion karbonat menciptakan *limescale*. Ini biasanya digunakan dalam pengobatan sebagai tambahan kalsium atau sebagai antasida, tetapi konsumsi berlebihan bisa berbahaya.

b. NaCl

NaCl merupakan materi yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. NaCl (Natrium

Klorida) adalah nama senyawa dari garam dapur. Sejenis mineral yang lazim dikonsumsi manusia. Bentuknya kristal putih, seringkali dihasilkan dari air laut. Natrium klorida merupakan padatan tidak berwarna yang memiliki titik lebur 800,4°C dan titik didih 1413°C. Dengan massa molar masing-masing 22,99 dan 35,45 g/mol, 100 g NaCl mengandung 39,34 g Na dan 60,66 g Cl. Pelarutan NaCl dalam suatu pelarut polar mengakibatkan NaCl terurai menjadi ion Na⁺ dan ion . Keberadaan ion Na⁺ dan ion akan merubah sifat kimia dan fisika larutan yang berbeda dengan pelarut murni. Untuk mendeteksi NaCl yang terlarut dalam suatu pelarut secara kuantitatif maka digunakan spektrofotometer (Liu & Nancollas, 1970).

c. Karbon (*Carbon*)

Karbon atau zat arang merupakan unsur kimia yang memiliki lambang C dan nomor atom 6 pada tabel periodik. Sebagai unsur golongan 14 pada tabel periodik, karbon merupakan unsur non-logam dan bervalensi 4 (tetravalen), yang berfaedah bahwa terdapat empat elektron yang dapat dipergunakan untuk membentuk ikatan kovalen. Karbon memiliki beberapa macam alotrop, yang sangat terkenal merupakan grafit, intan, dan karbon amorf. Sifat-sifat fisika karbon bervariasi bergantung pada macam alotropnya. Sebagai contohnya, intan berwarna transparan, manakala grafit berwarna hitam dan kusam. Intan merupakan salah satu materi terkeras di dunia, manakala grafit cukup lunak untuk meninggalkan kesannya pada kertas. Intan memiliki konduktivitas listrik yang sangat rendah, sedangkan grafit merupakan konduktor listrik yang sangat bagus. (Syahrawardi & Syahrawardi, 2016).

H. Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi

Nilai tahanan permukaan isolator dalam keadaan bersih sangat besar. Akan tetapi jika terbentuk lapisan polutan pada permukaan isolator akan menyebabkan turunnya nilai tahanan permukaan. Ketika lapisan polutan mengalami pembasahan, maka tahanannya pun semakin turun. Penurunan tahanan ini akan memperbesar arus bocor permukaan isolator. Semakin meningkatnya arus bocor akan menimbulkan proses penguapan. Pada daerah yang memiliki rapat arus terbesar akan terbentuk pita kering. Daerah pita kering memiliki tahanan yang lebih besar dibanding dengan daerah lainnya sepanjang lapisan polutan. Keadaan ini memungkinkan terjadinya pelepasan muatan pada daerah pita kering (Piah, Mohamed Afendi bin Mohamed, 2004).

I. Flashover Pada Isolator

Flashover adalah gangguan eksternal yang terjadi pada permukaan isolator atau proses *flashover* pada permukaan suatu isolator yang disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya suhu, kelembaban, dan

lingkungan sekitarnya (debu, asap pabrik, dan polutan garam). *Flashover* yang terjadi pada permukaan isolator padat disebabkan oleh tegangan yang harus ditahan oleh permukaan isolator melebihi kemampuannya. Tegangan *flashover* merupakan nilai atau ukuran tegangan yang dapat ditahan isolator hingga terjadinya *flashover*. Tegangan *flashover* disebabkan polusi berbeda-beda terutama tergantung pada solubilitas material, dapat larut terhadap air walaupun jumlah materialnya pada permukaan isolator adalah sama. Solubilitas ini tergantung pada jenis komponen dapat larut. Dalam keadaan bersih, nilai tahanan isolator sangat besar. Apabila terbentuk lapisan pengotor pada permukaan akan menyebabkan turunnya nilai tahanan isolator. Ketika lapisan pengotor mengalami pembasahan, nilai tahanan menjadi semakin turun (Tobing, 2002).

III. METODOLOGI PENELITIAN

1. Pengujian Karakteristik Dielektrik

Pengambilan Data Nilai Permittivitas Permittivitas relatif merupakan nilai yang menunjukkan besarnya kemampuan isolator melewatkan medan listrik saat diberikan nilai beda potensial pada kedua sisi permukaan isolator yang tengah diuji. Kemampuan ini tentu sangat penting dimiliki oleh isolator, semakin rendah nilai permittivitasnya maka semakin kecil medan listrik yang dapat dilewatkan. Hal ini berkaitan pula dengan nilai kapasitansi yang dimiliki bahan dielektrik itu. Pengujian nilai permittivitas ini disesuaikan dengan metode uji yang diisyaratkan oleh *American Standar Methode* (ASTM) D150 yaitu dengan menempatkan material dielektrik secara paralel dengan pelat konduktor yang kemudian diukur menggunakan LCR meter. Pengukuran permittivitas isolator polimer Silicone Rubber dilakukan pada isolator kondisi baru dan juga pada tahap akhir setelah melakukan percobaan pada keadaan isolator berpolutan yang ditempatkan pada suhu ruangan.

2. Pengujian *Transfer dan Recovery* Hidrofobik

Pada penelitian ini digunakan metode penyemprotan untuk menentukan klasifikasi hidrofobik. Teknik ini terdiri dari pembasahan permukaan isolator dengan air kemudian mengambil gambar dengan menggunakan kamera. Selanjutnya dibandingkan dengan gambar standar internasional yang telah dikeluarkan oleh STRI Guide 92/1 dan IEC 62073 dimungkinkan untuk mengidentifikasi model hidrofobik pada permukaan. Klasifikasi ini dibuat dalam tujuh kelas hidrofobitas (HC 1-7). HC 1 mengidentifikasikan sifat sepenuhnya hidrofobik dan HC 7 mengidentifikasikan sifat sepenuhnya hidrofilik.

3. Metode Pengukuran Sudut Kontak dan Tegangan Permukaan

- Metode Pengukuran Tahanan Permukaan dan Arus Bocor

Setiap jejak kotoran pereaksi aktif cair di permukaan dapat mempengaruhi hasil. Oleh karena itu permukaan yang akan diuji tidak boleh disentuh atau digosok, semua peralatan bersih dan kemurnian reagen dikendalikan dengan hati-hati. Metode ini merupakan perpanjangan dari IEC 60674-2: 1988 spesifikasi untuk film plastik untuk listrik. Metode pengujian yang digunakan untuk menentukan tegangan permukaan film polietilen dan polipropilen. Metode ini menyiratkan adopsi jumlah cairan yang lebih besar untuk mencakup rentang tegangan permukaan yang lebih luas, yang perlu dilakukan pengukuran pada kedua isolator hidrofobik dan hidrofilik. Mungkin ada batasan dalam menggunakan metode ini pada permukaan isolator yang tercemar.

Pengukuran tegangan permukaan, memberikan nilai akurat hidrofobik pada area yang diukur asalkan variasi spasial dalam hidrofobik kompatibel dengan area yang diperlukan untuk pengukuran, Perhitungan Arus Bocor:

$$I_{\text{bocor}} = \frac{V}{R} \quad (3.5)$$

Keterangan:

I_{bocor} = Arus Bocor (mA)

V = Tegangan (kV)

R = Tahanan Permukaan (Ω)

4. Metode Pengujian Struktur Permukaan

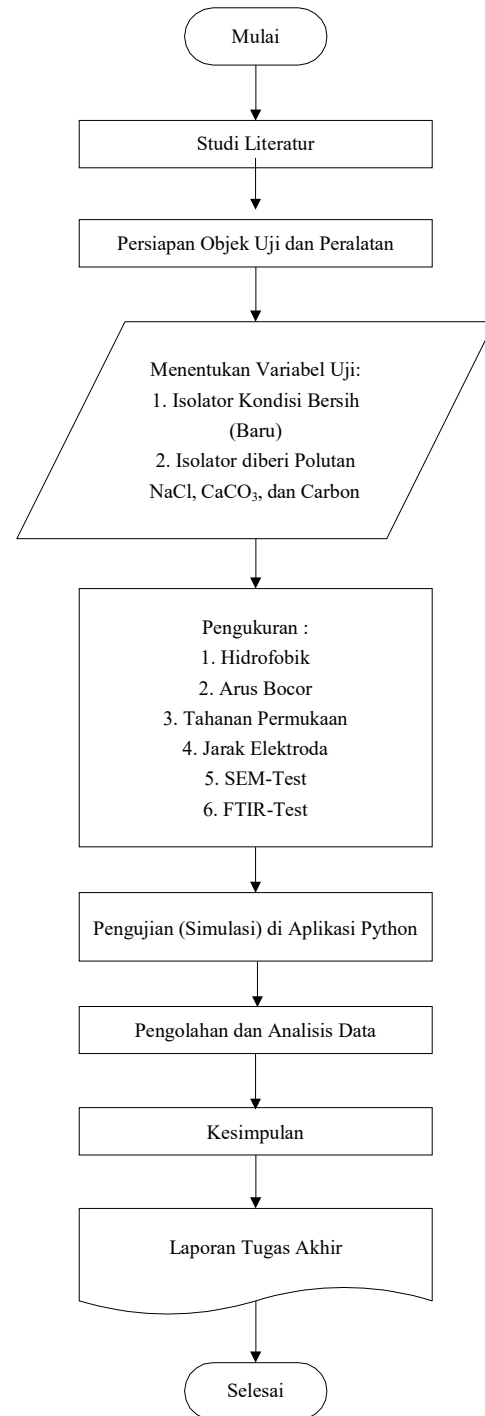
Untuk mempelajari perubahan struktur mikro yang menyebabkan hilangnya hidrofobisitas dan penurunan kekuatan mekanik, digunakan beberapa metode analisis material, antara lain analisis SEM dan FTIR Test. Pengujian ini dilakukan ketika isolator dalam kondisi bersih, isolator diberi NaCl, CaCO₃, dan Carbon yang ditempatkan dalam ruangan.

- (SEM) *Scanning Electron Microscopy-Test*
Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10–3000000x dan resolusi sebesar 1–10 nm.

- FTIR (*Fourier Transform Infrared-Test*)

FTIR merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Spektroskopi inframerah berguna untuk identifikasi senyawa organik.

5. Diagram Penelitian



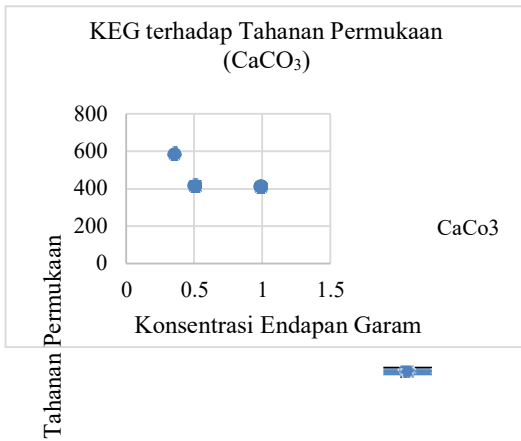
Gambar 4. Diagram Alur Penelitian

Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa semakin besar konsentrasi endapan garam yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Pada NaCl ini disebabkan karena zat ini memiliki sifat konduktif, sehingga semakin banyak lapisan NaCl pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator akan semakin menurun.

Dari grafik tersebut juga terdapat penurunan tahanan permukaan kurang bersifat linier, penambahan konsentrasi endapan garam yang lebih lanjut hanya akan menurunkan sedikit tahanan permukaan.

2. Untuk Polutan CaCO₃

Dibawah ini merupakan grafik hubungan untuk Polutan CaCO₃, dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



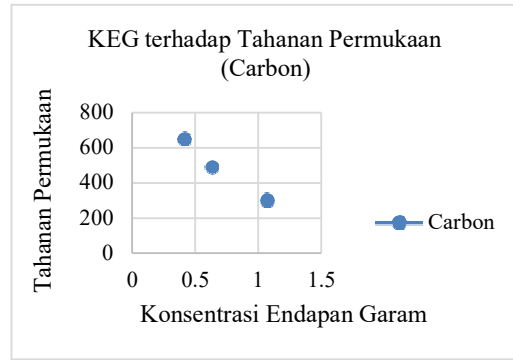
Gambar 7. Grafik Hubungan KEG CaCO₃ terhadap Tahanan Permukaan

Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa semakin besar konsentrasi endapan garam yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Pada CaCO₃, ini disebabkan karena zat ini memiliki sifat higroskopis, sehingga semakin banyak lapisan CaCO₃ pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator akan semakin menurun.

Dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa penurunan tahanan permukaan kurang bersifat linier.

3. Untuk Polutan Carbon

Dibawah ini merupakan grafik hubungan untuk Polutan Carbon, dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 8. Grafik Hubungan KEG Carbon terhadap Tahanan Permukaan

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi endapan garam yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. semakin banyak lapisan Carbon pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator akan semakin menurun, karena adanya penyerapan air Oleh Carbon yang bersifat konduktif.

C. Karakteristik Arus Bocor Terhadap Tahanan Permukaan

Bahan isolasi yang baik adalah bahan isolasi yang resistivitasnya besar tak terhingga. Tetapi pada kenyataannya bahan yang demikian itu belum bisa diperoleh. Sampai saat ini semua bahan isolasi pada teknik listrik masih mengalirkan arus listrik (walaupun kecil) yang lazim disebut arus bocor. Hal ini menunjukkan bahwa resistansi bahan isolasi bukan tidak terbatas besarnya. Adapun data nilai arus bocor NaCl, CaCO₃, Carbon dapat dilihat Tabel 4.4.

Tabel 4. Data Nilai Arus Bocor NaCl, CaCO₃, Carbon

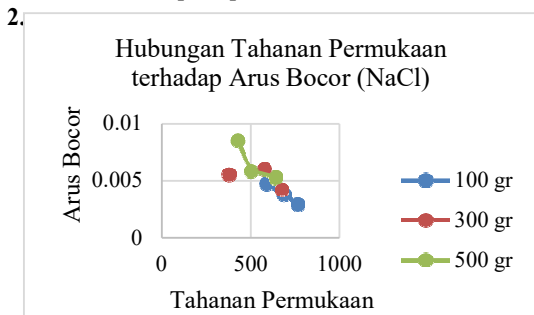
		NO.	Arus Bocor (I bocor) (mA)			Rata-rata
			Jarak 2 cm	Jarak 4 cm	Jarak 8 cm	
100 gr	NaCl	1	0.00066	0.00062	0.00062	
		2	0.0014	0.0014	0.0013	
		3	0.005	0.0033	0.0033	
		4	0.012	0.01	0.0066	
	Rata-Rata			0.004765	0.00383	0.002955
300 gr	NaCl	1	0.0016	0.00055	0.00071	
		2	0.0025	0.0014	0.0012	
		3	0.0062	0.0062	0.0031	
		4	0.012	0.016	0.012	
	Rata-Rata			0.005575	0.0060375	0.0042525
500 gr	NaCl	1	0.00076	0.00083	0.00066	
		2	0.0022	0.0016	0.0013	
		3	0.0062	0.005	0.0033	
		4	0.025	0.016	0.016	
	Rata-Rata			0.00854	0.0058575	0.005315

		NO.	Arus Bocor (I bocor) (mA)			Rata-rata
			Jarak 2 cm	Jarak 4 cm	Jarak 8 cm	
100 gr	CaCO ₃	1	0.00083	0.00066	0.00055	
		2	0.0018	0.0014	0.0012	
		3	0.0062	0.0045	0.0041	
		4	0.016	0.012	0.01	
		Rata-Rata		0.0062075	0.00464	0.0039625
300 gr	CaCO ₃	1	0.0014	0.001	0.0009	
		2	0.0033	0.002	0.002	
		3	0.0083	0.0055	0.005	
		4	0.02	0.014	0.0111	
		Rata-Rata		0.00825	0.005625	0.00475
500 gr	CaCO ₃	1	0.0012	0.00083	0.00083	
		2	0.0028	0.0025	0.0022	
		3	0.0071	0.0083	0.0055	
		4	0.016	0.014	0.012	
		Rata-Rata		0.006775	0.0064075	0.0051325

		NO.	Arus Bocor (I bocor) (mA)			Rata-rata
			Jarak 2 cm	Jarak 4 cm	Jarak 8 cm	
100 gr	Carbon	1	0.00083	0.00062	0.00062	
		2	0.0018	0.0014	0.0012	
		3	0.0055	0.0035	0.0031	
		4	0.012	0.012	0.0062	
		Rata-Rata		0.0050325	0.00438	0.00278
300 gr	Carbon	1	0.0014	0.0009	0.001	
		2	0.0028	0.002	0.002	
		3	0.0083	0.0045	0.0033	
		4	0.016	0.009	0.0066	
		Rata-Rata		0.007125	0.0041	0.003225
500 gr	Carbon	1	0.0012	0.0012	0.001	
		2	0.0033	0.0025	0.0025	
		3	0.016	0.0083	0.0083	
		4	0.05	0.025	0.025	
		Rata-Rata		0.017625	0.00925	0.0092

1. Untuk Polutan NaCl

Untuk dapat menganalisis tabel 4.4 diatas, maka dapat ditampilkan ke dalam bentuk grafik untuk Polutan NaCl seperti pada Gambar 4.7 berikut.



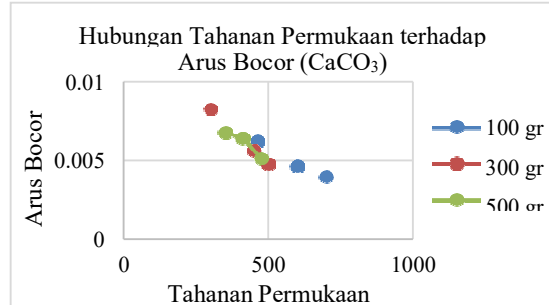
Gambar 9. Grafik Hubungan Tahanan Permukaan terhadap Arus Bocor (Polutan NaCl)

Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa semakin besar nilai tahanan permukaan yang terdapat pada permukaan isolator, maka arus bocor pada isolator tersebut akan menurun.

Dari grafik terdapat juga penurunan nilai arus bocor yang kurang bersifat linier pada bobot 300 gram, hal ini biasanya dapat disebabkan oleh kurang keakuratan alat atau kesalahan manusia dalam proses pengukuran.

Untuk Polutan CaCO₃

Dibawah ini merupakan grafik hubungan untuk Polutan CaCO₃, dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.



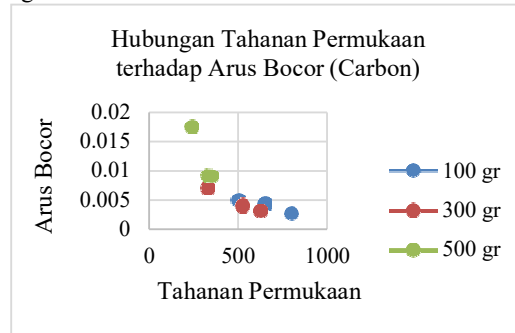
Gambar 10. Grafik Hubungan Tahanan Permukaan terhadap Arus Bocor (Polutan CaCO₃)

Dari grafik tersebut dapat terlihat bahwa semakin besar tahanan permukaan yang terdapat pada permukaan isolator, maka nilai arus bocor pada isolator tersebut akan menurun. Pada CaCO₃. Karena adanya penyerapan air oleh CaCO₃ yang bersifat konduktif.

Seperti hal-nya pada polutan NaCl, dari grafik terdapat juga penurunan nilai arus bocor yang sedikit kurang bersifat linier pada bobot 500 gram, hal ini biasanya dapat disebabkan oleh kurang keakuratan alat atau kesalahan manusia dalam proses pengukuran.

3. Untuk Polutan Carbon

Dibawah ini merupakan grafik hubungan untuk Polutan Carbon, dapat dilihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut.



Gambar 11. Grafik Hubungan Tahanan Permukaan terhadap Arus Bocor (Polutan Carbon)

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar nilai tahanan permukaan yang terdapat pada permukaan isolator, maka nilai arus bocor pada isolator tersebut akan menurun. Karena adanya penyerapan air Oleh Carbon yang juga bersifat konduktif.

Begitu pula dengan grafik diatas terdapat pula penurunan nilai arus bocor yang begitu signifikan pada

bobot 500 gram, hal ini biasanya dapat disebabkan oleh kurang keakuratan alat atau kesalahan manusia dalam proses pengukuran.

V. KESIMPULAN

1. Pengaruh Polutan NaCl, CaCO₃, dan Carbon terhadap Hidrofobisitas pada isolator polimer silicone rubber:

- NaCl memiliki daya higroskopis atau daya serap air yang cukup tinggi, sehingga NaCl dapat menyerap air lebih banyak dan bersifat konduktif, sehingga tingkat sifat hidrofobiknya dapat menurun.
- Untuk CaCO₃ memiliki daya rekat polutan dan daya resap air yang kurang terhadap isolator, karena memiliki suatu ikatan kimia yang kuat di masing-masing zat, sehingga sifat hidrofobiknya dapat meningkat.
- Untuk Carbon memiliki daya rekat polutan dan daya resap air yang sangat kurang terhadap isolator, sehingga sifat hidrofobiknya dapat meningkat.

2. Pengaruh Polutan NaCl, CaCO₃, dan Carbon terhadap karakteristik Arus bocor dan tahanan permukaan pada isolator polimer silicone rubber:

- Polutan NaCl, semakin besar arus bocor yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Pada NaCl ini disebabkan karena zat ini memiliki sifat konduktif, sehingga semakin banyak lapisan NaCl pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator akan semakin menurun.
- Polutan CaCO₃, semakin besar arus bocor yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Pada CaCO₃. Karena adanya penyerapan air oleh CaCO₃ yang bersifat konduktif.
- Polutan Carbon, semakin besar nilai arus bocor yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Karena adanya penyerapan air oleh Carbon yang juga bersifat konduktif.

3. Pengaruh Polutan NaCl, CaCO₃, dan Carbon terhadap Tahanan Permukaan dan Konsentrasi Endapan Garam (KEG) pada isolator polimer silicone rubber:

- Polutan NaCl, semakin besar konsentrasi endapan garam yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Pada NaCl ini disebabkan karena zat ini memiliki sifat konduktif, sehingga semakin banyak lapisan NaCl pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator akan semakin menurun.

- Polutan CaCO₃, semakin besar konsentrasi endapan garam yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Pada CaCO₃, ini disebabkan karena zat ini memiliki sifat higroskopis, sehingga semakin banyak lapisan CaCO₃ pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator akan semakin menurun, karena adanya penyerapan air oleh CaCO₃ yang bersifat konduktif.

- Polutan Carbon, semakin besar nilai arus bocor yang terdapat pada permukaan isolator, maka tahanan permukaan isolator tersebut akan menurun. Karena adanya penyerapan air oleh Carbon yang juga bersifat konduktif.

4. Perbandingan hasil simulasi secara praktek menggunakan aplikasi python dengan secara teori:

- Secara teori, perhitungan dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan dalam mencari nilai arus bocor dengan beberapa parameter seperti tahanan permukaan, jarak elektroda, dan konsentrasi endapan garam, sehingga didapatkan nilai yang berbanding lurus pada simulasi secara praktek menggunakan aplikasi python.
- Secara praktek, dengan simulasi menggunakan aplikasi python akan mempermudah pengolahan data hanya dengan memasukkan nilai hasil pengukuran ke dalam aplikasi python untuk disimulasikan sehingga didapatkan hasil perhitungan yang akurat.

Sehingga Hasil Simulasi Praktek dan Teori berbanding lurus dengan rumus yang telah ditentukan.

Referensi

- [1] Arismunandar, 2001. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [2] Dissado, L. A. & Fothergill, J. C., 1992. *Electrical Degradation and Breakdown in Polymers*. London: Peter Peregrinus Ltd. Wave guide. *Jurnal Ilmu Fisika Teknik Elektro*, Volume 4 No.1.
- [3] Fernandez, R., 2012. *Sintesis Nanopartikel SiO₂ Menggunakan Metoda Sol-gel*. Padang: Jurusan Kimia, Universitas Andalas.
- [4] Muhaimin, 1993. *Bahan-Bahan Listrik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [5] Piah, M. A. M., Darus, A. & Hassan, A., 2003. *Leakage Current and Surface Discharge Phenomena: Effect on Tracking and Morphological Properties of LLDPE Natural Rubber Compounds*. Nagoya: Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials June 1-5.

- [6] Tobing, B. L., 2002. *Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Waluyo, P. M. P., S. & Djauhari, M. A., 2010. Study on Leakage Current Waveforms of Porcelain Insulator due to Various Artificial Pollutants.