

Pengaruh Kelembaban dan Suhu Terhadap Karakteristik Arus Bocor pada Isolator Bahan Resin Epoksi dengan Pengisi Bahan Pasir Silika

Agung Prianto¹, Abdul Syakur², Yuningtyastuti²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

¹agungaprianto_sm@gmail.com

Abstract - Electrical energy is transmitted and distributed from central power plant stations to load centers use transmission and distribution lines. An insulator used to insulate the high-voltage line conductors with the body of the tower or pole body that is connected to ground. In its application in the field, an insulator was affected by environmental conditions such as pollution, humidity and temperature, the ability of an insulator was decrease.

This research describes the results of research on the effects of humidity and temperature on the characteristics of leakage current on the insulator made from epoxy resin filled with silica sand and silicone rubber, without coating and with a melamine coating. Leakage current and Surface flashover voltage insulator measurement system refers to the applicable standards. Parameter measurements are used to compare and analyze the leakage current and flashover voltage that occurs on the insulator for various levels of humidity and temperature.

From the test results obtained on insulators without coatings BKB variation in voltage of 18.64 kV applied to the highest moisture variations obtained value 0.0521 mA leakage current and flashover voltage of 80.31 kV, while the lowest humidity variation obtained for the leakage current value of 0.0442 mA and flashover voltage of 93.20 kV. While the testing temperature variations, for the highest temperature variations obtained value 0.0442 mA leakage current and flashover voltage of 93.20 kV, while the lowest temperature variations obtained value 0.0453 mA leakage current and flashover voltage of 96.00 kV. While the results of tests on insulator BKB variation with melamine coating on the 18.64 kV voltage applied to the highest moisture variations obtained value 0.0742 mA leakage current and flashover voltage of 88.54 kV, while the lowest humidity variation obtained for the leakage current value of 0.0460 mA and flashover voltage of 82.79 kV. While the testing temperature variations, for the highest temperature variations obtained value 0.0460 mA leakage current and flashover voltage of 88.54 kV, while the lowest temperature variations obtained value 0.0529 mA leakage current and flashover voltage of 96.46 kV. From the test results and analysis of data obtained that the higher the humidity the leakage current that occurs in the insulator will be greater and the value of the lower voltage flashover, while at the testing temperature variation is found that temperature changes do not affect the value of leakage current that occurs in the insulator.

Keywords: Epoxy Resin, Humidity, Temperature, Silica, Leakage current.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang^[1]

Kebutuhan energi listrik dari tahun ke tahun terus meningkat, hal ini karena meningkatnya konsumsi / pemakaian energi listrik hampir di semua sektor, seperti sektor bisnis, sektor industri, sektor publik dan sektor-sektor yang lainnya. Dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik tersebut diperlukan suatu sistem tenaga listrik yang handal. Dalam penyaluran energi listrik tersebut, selain penghantar atau konduktor juga diperlukan separangkat isolator yang berfungsi untuk memisahkan antara bagian yang bertegangan dan yang tidak bertegangan dan mencegah terjadinya aliran arus dari kawat penghantar ke bagian bodi menara atau tiang.

Salah satu isolator yang digunakan pada saat ini adalah isolator gelas dan isolator keramik. Isolator yang mempunyai rapat massa tinggi sehingga dalam penggunaannya akan membebani menara transmisi karena berat isolator. Sejak 30 tahun lalu telah dikembangkan isolator dengan bahan polimer yang mempunyai berat yang lebih ringan dibandingkan dengan isolator dengan bahan gelas maupun keramik sehingga mudah dalam penanganan maupun instalasi dan tidak terlalu membebani menara transmisi.

Dalam aplikasinya, isolator yang terletak pada pasangan luar banyak sekali terpengaruh oleh keadaan lain lingkungan disekitarnya, dengan bermacam-macam kondisi yang ada di alam, misalnya pengaruh kelembaban, suhu, radiasi ultraviolet dan polusi udara. sehingga tidak tertutup kemungkinan menjadikan kemampuan dari sebuah isolator menurun atau berada di bawah kemampuan kerja seharusnya. Untuk itu penulis mencoba meneliti pengaruh kelembaban dan suhu terhadap karakteristik arus bocor pada isolator bahan resin epoksi dengan pengisi pasir silika dalam tugas akhir ini.

B. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kelembaban dan suhu terhadap karakteristik arus bocor pada isolator tegangan tinggi bahan resin epoksi dengan pengisi bahan pasir silika tanpa pelapis dan dengan pelapis melamin.

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP Semarang

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP Semarang

C. Pembatasan Masalah

Pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Pada penyemprotan air untuk variasi kelembaban, air yang digunakan adalah AQUADES yang dikeluarkan oleh laboratorium MIPA UGM.
2. Isolator uji yang digunakan adalah isolator jenis polimer yang berbahan dasar resin epoksi.
3. Pada penelitian ini tidak membahas struktur kimia bahan.
4. Pengamatan yang dilakukan adalah mengamati karakteristik arus bocor pada osiloskop untuk kelembaban dan suhu yang bervariasi dengan mengabaikan tekanan udara pada ruang uji.
5. Parameter yang diamati adalah arus bocor pada isolator tanpa pelapis dan dengan pelapis melamin.
6. Dalam pengujian ini, isolator yang digunakan ada 2 tipe, yaitu tipe sirip besar kecil besar (BKB) dan sirip besar besar besar (BBB).

II. LANDASAN TEORI.

A. Pengertian isolasi^[4]

Isolasi adalah sifat atau bahan yang dapat memisahkan secara elektrik dua buah penghantar (atau lebih) yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus atau dalam hal gradient tinggi, terjadi lompatan bunga api (*flashover*).

B. Isolator Saluran Udara

1) Bahan-bahan Isolasi^[8]

Bahan isolasi yang biasa dipergunakan pada isolator saluran udara adalah bahan porselen, bahan gelas serta bahan polymer (composite).

2) Klasifikasi Isolator Saluran Udara

Menurut penggunaan dan konstruksinya, isolator pasangan luar (*outdoor insulator*) atau isolator saluran udara (*overhead insulator*) diklasifikasikan menjadi: isolator pasak (*pin type insulator*), isolator piring (*suspension insulator*), isolator batang panjang (*long rod insulator*), isolator pos saluran (*line post insulator*) dan isolator pos pin (*pin post insulator*).

3) Karakteristik Isolator^[3,4]

a) Karakteristik Elektrik

Semua isolator dirancang sedemikian hingga tegangan tembus listriknnya jauh lebih tinggi dari tegangan *flashover*nya. Kekuatan dielektrik dan nilai tegangan yang dapat dipikul isolator tanpa terjadi lewat denyar dapat diperkirakan dari tiga karakteristik dasar isolator, yaitu tegangan *flashover* bolak balik pada keadaan kering, tegangan *flashover* bolak balik pada keadaan basah, dan karakteristik tegangan-waktu yang diperoleh dari tegangan surja standar.

Tegangan *flashover* bolak-balik digunakan untuk memperkirakan kekuatan elektrik isolator jika memikul tegangan lebih internal. Sedangkan karakteristik tegangan-waktu digunakan untuk memperkirakan kekuatan elektrik isolator jika memikul tegangan lebih surja akibat sambaran petir pada jaringan.

Tegangan *flashover* pada keadaan permukaan isolator kering dan bersih dinyatakan pada keadaan standar. Menurut Japanese Industrial Standart (JIS) C3801 dan Japanese Electrotechnical committee (JEC) standard 106 keadaan

standar adalah:

- Tekanan barometer.....760 mm Hg (1013 mbar)
- Suhu sekeliling..... 20 °C
- Kelembaban mutlak.....11 gram/m³

Oleh karna tegangan *flashover* selalu dipengaruhi oleh keadaan udara, maka untuk dapat membandingkan hasil-hasil pengujian dengan table-tabel normalisasi yang ada, diperlukan rumus-rumus yang dapat merubah hasil-hasil tersebut menjadi hasil-hasil dalam keadaan standar. Hal ini diperlukan untuk dapat mengetahui apakah spesimen yang diuji memenuhi syarat atau tidak.

Untuk mengoreksi tegangan saat pengujian (V) terhadap tekanan udara dan suhu dipakai rumus :

$$V = \delta \cdot V_s \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

V_s : tegangan *flashover* isolator pada keadaan standar

V : tegangan *flashover* isolator pada saat pengujian

δ : factor koreksi udara

$$\delta = \frac{b}{760} \times \frac{273+20}{273+T} = \frac{0,386b}{273+T} \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan

T : suhu sekeliling pada saat pengujian (°C)

b : tekanan udara pada saat pengujian (mmHg)

Tegangan *flashover* isolator akan semakin rendah dengan meningkatnya kelembaban udara. Jika V_s adalah tegangan *flashover* isolator pada keadaan udara standar dan kelembaban 11 gr/m³, maka tegangan *flashover* isolator pada sembarang suhu, tekanan dan kelembaban udara dapat ditentukan sebagai berikut:

$$V = \frac{\delta V_s}{k_h} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana k_h adalah faktor koreksi kelembaban udara.

Untuk mengetahui hubungan tegangan *flashover* terhadap arus bocor, maka digunakan rumus:

$$V = I.R \dots\dots\dots(4)$$

Dimana: I adalah arus dan R adalah hambatan

Hubungan antara kelembaban (k_h) terhadap arus bocor (I) bisa diketahui dengan cara memasukkan persamaan (4) kedalam persamaan (3) maka diperoleh:

$$R = \frac{V_s}{I \cdot k_h} \dots\dots\dots(5)$$

Pada persamaan (5) bisa dilihat bahwa untuk nilai V_s dan I tetap, nilai k_h berbanding terbalik terhadap nilai R. sedangkan pada persamaan (4) terlihat bahwa untuk nilai V tetap, nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I. jadi hubungan antara k_h , R dan I adalah:

$$k_h \uparrow : R \downarrow : I \uparrow$$

catatan: ↑ berarti meningkat / naik / tinggi

↓ berarti menurun / turun / rendah

Sedangkan hubungan antara suhu (T) terhadap arus bocor (I) bisa diketahui dengan cara memasukkan persamaan (1) kedalam persamaan (4) maka diperoleh:

$$R = \frac{\delta V_s}{I} \dots\dots\dots(6)$$

Pada persamaan (6) bisa dilihat bahwa untuk V_s dan I tetap, nilai δ berbanding lurus terhadap nilai R. sedangkan pada persamaan (4) terlihat bahwa untuk nilai V tetap, nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I, Jadi nilai δ berbanding terbalik terhadap nilai I. Jadi untuk hubungan suhu (T) terhadap arus bocor (I), sesuai persamaan (2) untuk b tetap, T berbanding terbalik terhadap δ, maka T berbanding lurus terhadap I,

b) Karakteristik Mekanis

Karakteristik mekanis suatu isolator ditandai dengan kekuatan mekanisnya, yaitu beban mekanis terendah yang menyebabkan isolator tersebut rusak. Kekuatan mekanis ini ditentukan dengan membebani isolator dengan beban yang bertambah secara bertahap hingga isolator terlihat rusak.

4) Kegagalan Isolator^[8]

Pada saluran transmisi atau distribusi kegagalan isolasi dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- Isolator pecah.
- Bahan isolasi berlubang-lubang.
- Ketidakhayuan bahan isolasi.
- Bahan tidak dapat mengkilap.
- Tekanan secara mekanis.
- *Puncture* dan *flashover*.

C. Resin Epoksi^[1,6]

Resin epoksi merupakan plastik yang menawarkan kegunaan yang luar biasa yaitu: kekuatan dielektrik tinggi, resistan kimiawi yang baik dan daya pelekatan yang baik.

Cairan resin epoksi merupakan cairan yang memiliki sifat kekentalan yang rendah sehingga mudah bercampur (masuk tahap *thermoset*) di dalam pembuatannya. Jenis cairan resin yang lain adalah : *phenolic*, *polyesters*, *acrylics* yang dibuat dalam proses yang sama tapi resin epoksi memiliki kelebihan, antara lain :

- Sifat kekentalan yang rendah.
- Proses pembentukan yang praktis.
- Penyusutannya rendah.
- Tingkat kerekatan tinggi
- Sifat mekanis yang tinggi.
- Isolasi listrik yang tinggi.
- Ketahanan kimia yang baik.

D. Degradasi isolator polimer^[1,6]

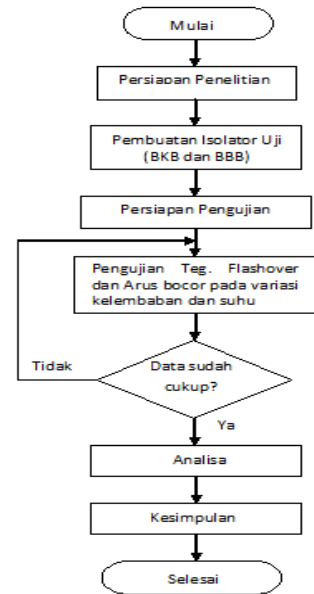
Degradasi adalah reaksi yang menyebabkan putusnya rantai ikatan molekul utama yang menyebabkan pengurangan berat dan panjang molekul polimer, sehingga akan mengubah sifat bahan polimer tersebut. Reaksi ini dapat terjadi karena pengaruh zat-zat kimia (air, asam, alkohol, oksigen, dll), pengaruh termal (panas, cahaya, radiasi), dan pengaruh mekanik.

E. Arus Bocor^[1,7]

Apabila tegangan yang harus ditahan sebuah isolator melebihi dari kemampuannya, maka akan terjadi aliran arus yang disebut dengan arus bocor. Arus bocor yang terjadi pada permukaan isolator saluran udara pasangan luar tergantung dari kondisi polutan yang menyebabkan kontaminasi permukaan. Selain itu juga tergantung pada iklim dan kondisi cuaca. Pembasahan lapisan polutan oleh cuaca seperti butir-butir air akan menghasilkan elektrolit yang bersifat konduktif, sehingga resistansi permukaan akan menjadi kecil, dan menyebabkan arus bocor pada permukaan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut proses penelitian yang dilakukan :



Gambar 2 Diagram alir proses penelitian

A. Bahan Pembuatan Isolator Uji

Bahan isolator yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Resin Epoksi
- Lem *Silicone Rubber*
- Pasir Silika

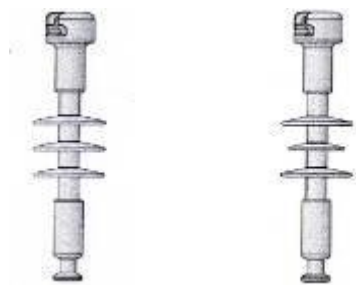
Dari bahan – bahan tersebut kemudian dicampur dengan komposisi seperti pada table 1.

Table 1 komposisi pembuatan isolator uji

MPDA (%)	DGEBA (%)	Silika (%)	sealant (%)
30	30	20	20

B. Bentuk isolator uji

Dalam pengujian ini, isolator yang digunakan adalah isolator dengan variasi tiga sirip, yaitu variasi sirip besar besar (BBB) dan sirip besar kecil besar (BKB). Berikut adalah bentuk isolator yang diuji.



Gambar 3 Isolator 3 sirip BBB dan BKB

C. Peralatan Pengujian

Pengujian isolator gantung (*suspension isolator*) menggunakan peralatan pengujian berupa :

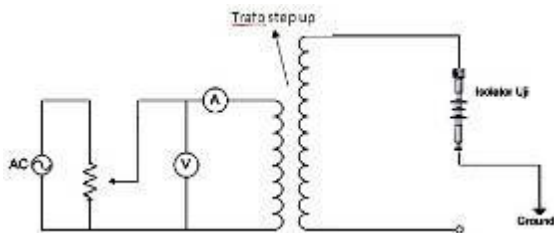
- Peralatan pengujian tegangan tinggi.
- Lemari uji.
- Thermometer dan hygrometer.
- Seperangkat alat penyemprot air.

- Lampu.
- Kamera Digital.
- Pembagi Tegangan.
- Sela jarum.
- Osiloskop.

D. Proses Pengujian

1) Pengujian tegangan lewat denyar (*flashover*)

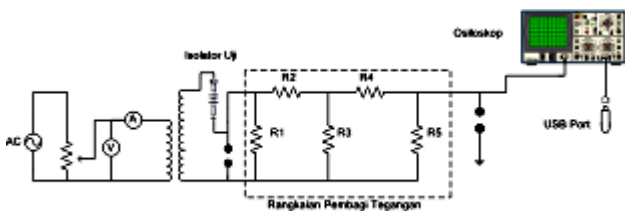
Tujuan pengujian tegangan *Flashover* (Fo) adalah untuk mengetahui tegangan terapan pada pengujian arus bocor. Dimana tegangan terapan maksimal pada pengujian arus bocor adalah setengah dari tegangan *flashover* isolator uji itu sendiri. Gambar rangkaian pengujian tegangan *flashover* isolator dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Rangkaian Pengujian Tegangan *Flashover*

2) Pengujian Arus Bocor

Rangkaian pengujian arus bocor diperlihatkan pada gambar 5.

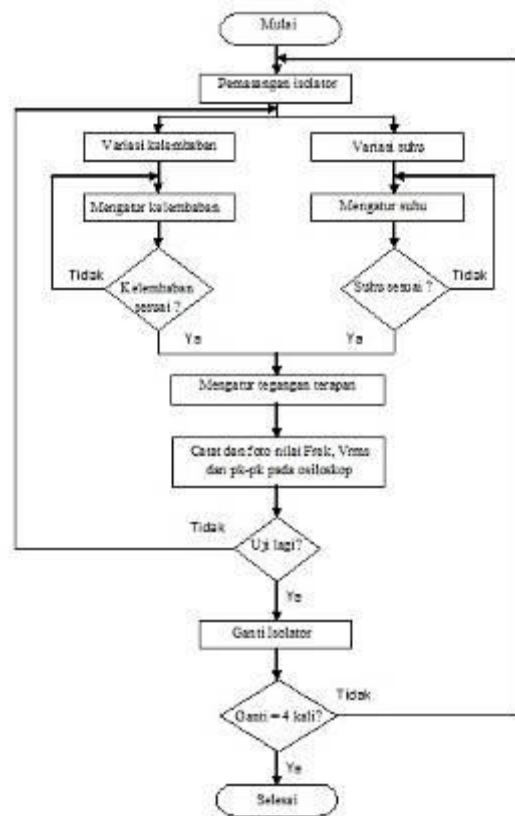


Gambar 5 Rangkaian Pengujian Arus Bocor

pengukuran arus bocor juga dilakukan pada kondisi kelembaban dan suhu yang bervariasi. Dimana untuk variasi kelembaban adalah 40 – 70% dengan variasi kenaikan kelembaban sebesar 5%. Sedangkan untuk variasi suhu adalah 30 – 60°C dengan variasi kenaikan suhu sebesar 5°C.

3) Langkah Kerja Pengujian Arus Bocor

Langkah kerja pengujian arus bocor bisa dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6 Diagram alir proses pengujian

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Tegangan *Flashover*

1) Tegangan *Flashover* pada Variasi Kelembaban

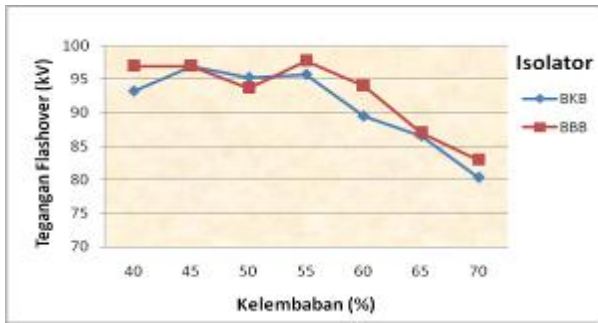
Pengujian *flashover* pada variasi kelembaban dilakukan pada variasi kelembaban 40 – 70% dengan variasi kenaikan kelembaban sebesar 5%.

a) Isolator Tanpa Pelapis

Tabel 2 Tegangan *flashover* isolator tanpa lapisan pada variasi kelembaban

Isolator	Kelembaban (%)	Vp (V)				Vs (kV)
		I	II	III	Rata-rata	
BKB	40	189	203	208	200.00	93.20
	45	210	210	204	208.00	96.93
	50	203	205	205	204.33	95.22
	55	206	205	205	205.33	95.69
	60	184	199	193	192.00	89.47
	65	190	187	180	185.67	86.52
	70	179	179	159	172.33	80.31
BBB	40	209	208	207	208.00	96.93
	45	212	204	208	208.00	96.93
	50	198	198	207	201.00	93.67
	55	209	210	210	209.67	97.70
	60	190	208	207	201.67	93.98
	65	179	191	190	186.67	86.99
	70	174	179	181	178.00	82.95

Untuk lebih dapat melihat hasil dari pengujian, maka dari tabel 2 dapat dibuat grafik sbb:



Gambar 7 Hasil uji tegangan flashover isolator tanpa lapisan pada variasi kelembaban

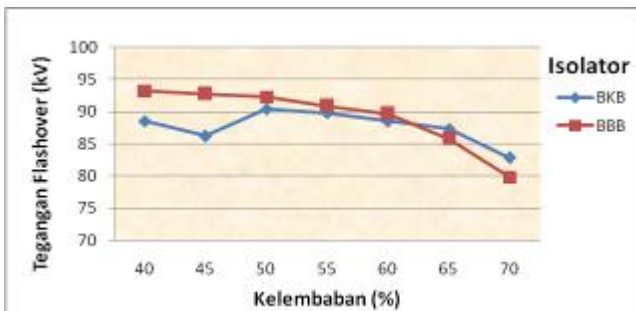
Dari gambar 7 didapat untuk variasi isolator BKB nilai tegangan flashover tertinggi terjadi pada kelembaban 45% yaitu 96,93 kV, sedangkan yang terendah terjadi pada kelembaban 70% yaitu 80,31 kV. Kemudian untuk kelembaban 40%, 50%, 55%, 60%, dan 60% masing – masing adalah 93,20 kV, 95,22 kV, 95,69 kV, 89,47 kV dan 86,52 kV. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika semakin tinggi kelembaban maka tegangan flashover akan semakin rendah, kecuali pada kelembaban 45% yang mempunyai nilai tegangan flashover tertinggi. Hal ini bisa disebabkan oleh tingkat kelembaban yang tidak konstan pada ruang uji, sedangkan untuk variasi isolator BBB juga sama yaitu, semakin tinggi kelembaban maka tegangan flashover akan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan persamaan (3),

$$V = \frac{\delta V_s}{k_h}$$

yang mana bisa dilihat bahwa untuk δ dan V_s tetap, tegangan flashover isolator pada saat pengujian (V) berbanding terbalik terhadap faktor koreksi kelembaban udara (k_h). Jadi semakin tinggi k_h maka V akan semakin rendah.

b) *Isolator dengan Pelapis Melamin*

Untuk hasil pengujian pengaruh kelembaban terhadap tegangan flashover pada isolator dengan pelapis melamin, maka dapat dibuat grafik seperti pada gambar 8 berikut:



Gambar 8 Hasil uji tegangan flashover isolator dengan pelapis melamin pada variasi kelembaban

Dari gambar 8 didapat untuk variasi isolator BKB tegangan flashover tertinggi terjadi pada kelembaban 50% yaitu 90,40 kV, sedangkan yang terendah terjadi pada kelembaban 70% yaitu 82,79 kV. Kemudian untuk kelembaban 40%, 45%, 55%, 60% dan 65% masing – masing adalah 88,54 kV, 86,21 kV, 89,78 kV, 88,54 kV dan 87,30 kV. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika semakin tinggi kelembaban maka tegangan flashover akan semakin rendah, kecuali pada kelembaban 50% yang mempunyai nilai arus bocor yang tertinggi. Hal ini bisa disebabkan oleh tingkat kelembaban yang tidak konstan pada ruang uji, sedangkan

untuk variasi isolator BBB juga sama yaitu, semakin tinggi kelembaban maka tegangan flashover akan semakin rendah. Hal ini sesuai dengan persamaan (3),

$$V = \frac{\delta V_s}{k_h}$$

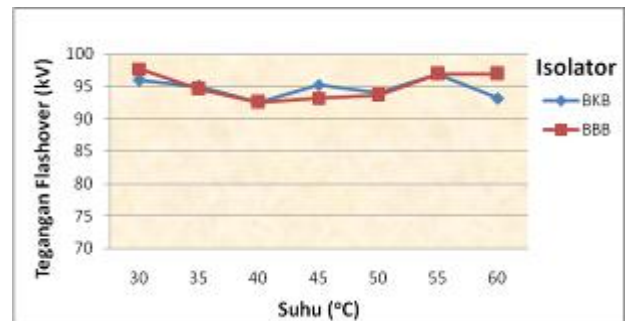
yang mana bisa dilihat bahwa untuk δ dan V_s tetap, tegangan flashover isolator pada saat pengujian (V) berbanding terbalik terhadap faktor koreksi kelembaban udara (k_h). Jadi semakin tinggi k_h maka V akan semakin rendah.

2) *Tegangan Flashover Isolator pada Variasi Suhu*

Pengujian flashover pada variasi suhu dilakukan pada variasi suhu 30 – 60°C dengan variasi kenaikan suhu sebesar 5°C.

a) *Isolator Tanpa Pelapis*

Untuk hasil pengujian pengaruh suhu terhadap tegangan flashover pada isolator tanpa pelapis, maka dapat dibuat grafik seperti pada gambar 9 berikut:



Gambar 9 Hasil uji tegangan flashover isolator tanpa lapisan pada variasi suhu

Dari gambar 9 didapat untuk variasi isolator BKB nilai tegangan flashover tertinggi terjadi pada suhu 55°C yaitu 96,93 kV, Sedangkan yang terendah terjadi pada suhu 40°C yaitu 92,58 kV. Kemudian untuk suhu 30°C, 35°C, 45°C, 50°C dan 60°C masing – masing adalah 96,00 kV, 95,06 kV, 95,22 kV, 93,98 kV dan 93,20 kV. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap tegangan flashover, sedangkan untuk variasi isolator BBB juga sama yaitu, perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap tegangan flashover yang terjadi pada isolator. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan (1) dan (2),

$$V = \delta \cdot V_s$$

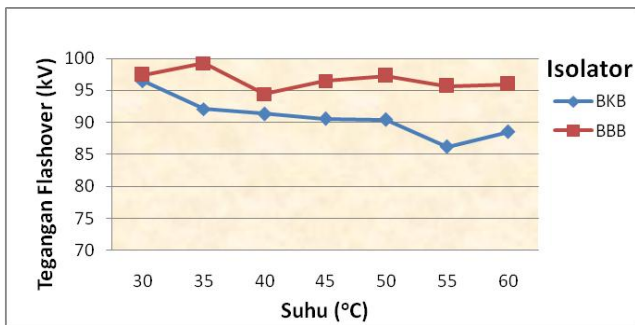
dan

$$\delta = \frac{b}{760} \times \frac{273+20}{273+T} = \frac{0,386b}{273+T}$$

yang mana untuk tekanan udara (b) tetap, suhu sekeliling saat pengujian (T) berbanding terbalik terhadap faktor koreksi udara (δ). Sedangkan δ berbanding lurus terhadap tegangan flashover isolator pada saat pengujian (V). Jadi semakin tinggi T maka V akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan pada pengujian variasi suhu, tingkat tekanan udara (b) diabaikan, sehingga perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap tegangan flashover.

b) *Isolator dengan Pelapis Melamin*

Untuk hasil pengujian pengaruh suhu terhadap tegangan flashover pada isolator dengan pelapis melamin, maka dapat dibuat grafik seperti pada gambar 10 berikut:



Gambar 10 Hasil uji tegangan flashover isolator dengan pelapis melamin pada variasi suhu

Dari gambar 10 didapat untuk variasi isolator BKB tegangan flashover tertinggi terjadi pada suhu 30°C yaitu 96,46 kV, sedangkan yang terendah terjadi pada suhu 55°C yaitu 86,54 kV. Kemudian untuk suhu 35°C, 40°C, 45°C, 50°C dan 60°C masing – masing adalah 92,11 kV, 91,34 kV, 90,56 kV, 90,40 kV dan 80,54 kV. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap tegangan flashover, sedangkan untuk variasi isolator BBB juga sama yaitu, perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap tegangan flashover yang terjadi pada isolator. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan (1) dan (2),

$$V = \delta \cdot V_s$$

dan

$$\delta = \frac{b}{760} \times \frac{273+20}{273+T} = \frac{0,386b}{273+T}$$

yang mana untuk tekanan udara (b) tetap, suhu sekeliling saat pengujian (T) berbanding terbalik terhadap faktor koreksi udara (δ). Sedangkan δ berbanding lurus terhadap tegangan flashover isolator pada saat pengujian (V). Jadi semakin tinggi T maka V akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan pada pengujian variasi suhu, tingkat tekanan udara (b) diabaikan, sehingga perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap tegangan flashover.

B. Pengujian Arus Bocor

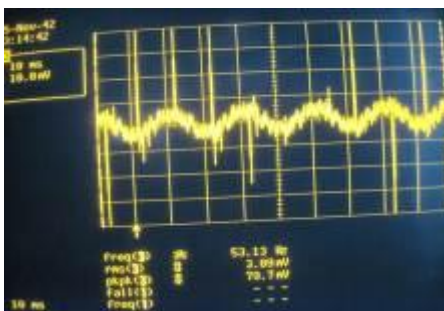
1) Arus bocor pada Isolator Tanpa Pelapis

Dari hasil pengujian pada isolator tanpa pelapis di dapat tiga sampel nilai arus bocor untuk tiap variasi kelembaban dan suhu yang berbeda. Sebagai contoh data hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 11, dimana menggambarkan bentuk gelombang arus bocor untuk isolator tanpa lapisan pada kelembaban 60% dan tegangan 37,28 kV.

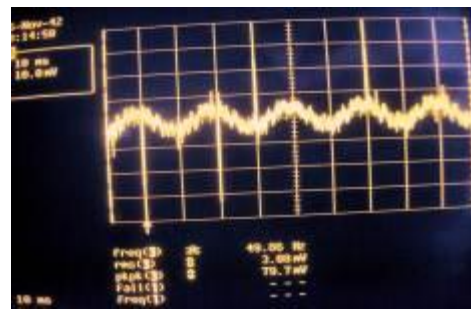
a) Pengaruh Kelembaban

➤ Isolator BKB

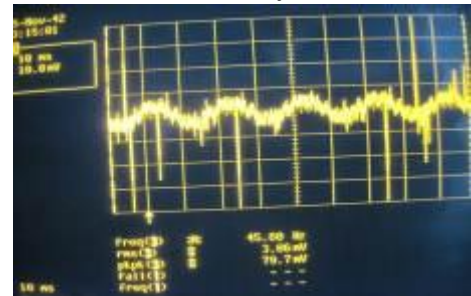
Pada pengujian pengaruh kelembaban untuk isolator BKB didapat hasil data pengukuran pada osiloskop sebagai berikut:



(a). Hasil Uji 1



(b). Hasil Uji 2



(c). Hasil Uji 3

Gambar 11 Hasil uji pada isolator tanpa pelapis dengan kelembaban 60% dan tegangan 37,28 kV

Berdasarkan gambar 11 dapat dilihat bahwa nilai Vrms pada osiloskop pada uji pertama, kedua dan ketiga masing – masing didapat, 3,09 mV, 3,08 mV, 3,06 mV. Nilai rata – rata dari Vrms dan nilai arus bocor (mA) yaitu:

$$\text{Rata – rata} = \frac{3,09 + 3,08 + 3,06}{3} = 3,0767 \text{ mV}$$

$$\text{Arus Bocor} = 3,0767 \times 0,027285294 = 0,0840 \text{ mA}$$

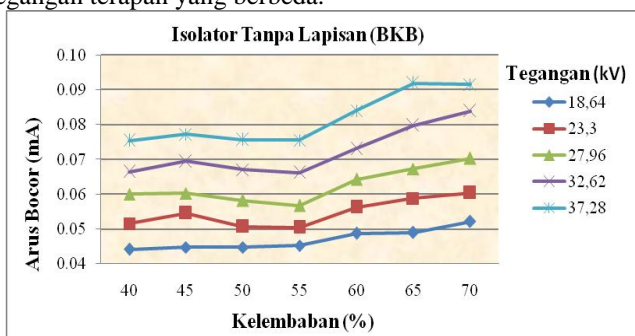
Dengan cara yang sama maka didapat data pengujian pengaruh kelembaban terhadap arus bocor untuk isolator tanpa pelapis (BKB) seperti tabel 3 berikut:

Tabel 3 Arus bocor isolator tanpa pelapis (BKB) pada variasi kelembaban

Kelembaban (%)	Teg. Terapan		Arus Bocor				
	Vp(V)	Vs(kV)	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata2	mA
40	40	18.64	1.61	1.62	1.63	1.6200	0.0442
	50	23.3	1.9	1.88	1.89	1.8900	0.0516
	60	27.96	2.19	2.17	2.24	2.2000	0.0601
	70	32.62	2.43	2.42	2.45	2.4333	0.0664
	80	37.28	2.77	2.78	2.74	2.7633	0.0754
45	40	18.64	1.61	1.78	1.53	1.6400	0.0448
	50	23.3	2.01	1.99	2	2.0000	0.0546
	60	27.96	2.2	2.21	2.21	2.2067	0.0602
	70	32.62	2.5	2.57	2.56	2.5433	0.0694
	80	37.28	2.83	2.81	2.85	2.8300	0.0773
50	40	18.64	1.65	1.64	1.63	1.6400	0.0448
	50	23.3	1.84	1.87	1.86	1.8567	0.0507
	60	27.96	2.15	2.11	2.14	2.1333	0.0582
	70	32.62	2.47	2.45	2.45	2.4567	0.0671
	80	37.28	2.8	2.77	2.74	2.7700	0.0756
55	40	18.64	1.67	1.66	1.65	1.6600	0.0453
	50	23.3	1.84	1.82	1.89	1.8500	0.0505
	60	27.96	2.01	2.11	2.12	2.0800	0.0568
	70	32.62	2.43	2.43	2.41	2.4233	0.0662
	80	37.28	2.76	2.77	2.77	2.7667	0.0755
60	40	18.64	1.78	1.8	1.78	1.7867	0.0488
	50	23.3	2.06	2.06	2.07	2.0633	0.0563
	60	27.96	2.35	2.35	2.37	2.3567	0.0643

	70	32.62	2.68	2.68	2.67	2.6767	0.0731
	80	37.28	3.09	3.08	3.06	3.0767	0.0840
65	40	18.64	1.81	1.79	1.78	1.7933	0.0490
	50	23.3	2.17	2.15	2.14	2.1533	0.0588
	60	27.96	2.49	2.45	2.46	2.4667	0.0673
	70	32.62	2.97	2.9	2.9	2.9233	0.0798
	80	37.28	3.4	3.38	3.32	3.3667	0.0919
70	40	18.64	1.93	1.91	1.89	1.9100	0.0521
	50	23.3	2.21	2.23	2.2	2.2133	0.0604
	60	27.96	2.57	2.6	2.56	2.5767	0.0703
	70	32.62	3.22	3.01	2.99	3.0733	0.0839
	80	37.28	3.55	3.3	3.21	3.3533	0.0915

Untuk lebih dapat melihat hasil dari pengujian, maka dari tabel 3 dapat dibuat grafik pengaruh perubahan kelembaban terhadap nilai arus bocor untuk tiap variasi tegangan terapan yang berbeda.



Gambar 12 Hasil uji arus bocor isolator tanpa pelapis (BKB) pada variasi kelembaban

Dari gambar 12 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada kelembaban 65 % yaitu 0,0919 mA, Sedangkan yang terkecil terjadi pada kelembaban 40% yaitu 0,0754 mA. Kemudian untuk kelembaban 45%, 50%, 55%, 60% dan 70% masing – masing adalah 0,0773 mA, 0,0756 mA, 0,0755 mA, 0,0840 mA dan 0,0915 mA. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika semakin tinggi kelembaban maka arus bocornya juga akan semakin besar. Sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu, semakin tinggi kelembaban maka arus bocornya juga akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan (4) dan (5),

$$V = I.R$$

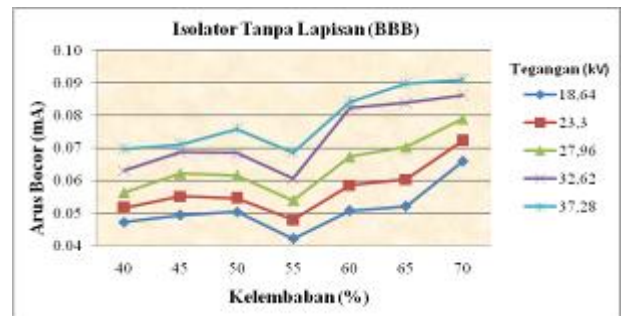
dan

$$R = \frac{V_s}{I \cdot k_h}$$

yang mana pada persamaan (5) untuk nilai V_s dan I tetap, maka nilai k_h berbanding terbalik terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, maka nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi k_h berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi kelembaban (k_h) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar.

➤ Isolator BBB

Seperti halnya cara menghitung data rata – rata dan arus bocor pada pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) variasi kelembaban. Dengan cara yang sama maka akan diperoleh hasil data pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BBB) pada variasi kelembaban. Sehingga langsung dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti gambar 13 berikut:



Gambar 13 Hasil uji arus bocor isolator tanpa pelapis (BBB) pada variasi kelembaban

Dari gambar 13 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada kelembaban 70% yaitu 0,0910 mA, sedangkan yang terkecil terjadi pada kelembaban 55% yaitu 0,0686 mA. Kemudian untuk kelembaban 40%, 45%, 50%, 60% dan 65% masing – masing adalah 0,0698 mA, 0,0712 mA, 0,0759 mA, 0,0843 mA dan 0,0897 mA. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika semakin tinggi kelembaban maka arus bocornya juga akan semakin besar, kecuali pada kelembaban 55% yang mempunyai nilai arus bocor yang terkecil. Hal ini bisa disebabkan oleh tingkat kelembaban yang tidak konstan pada ruang uji, sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu, semakin tinggi kelembaban maka arus bocornya juga akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan (4) dan (5),

$$V = I.R$$

dan

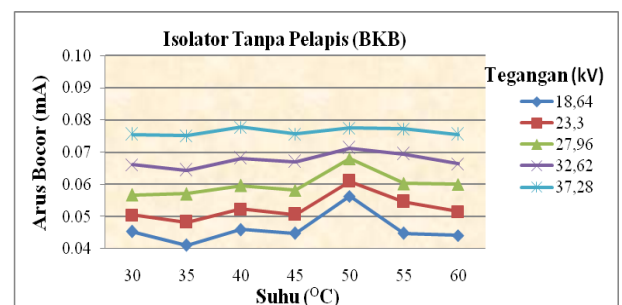
$$R = \frac{V_s}{I \cdot k_h}$$

yang mana pada persamaan (5) untuk nilai V_s dan I tetap, maka nilai k_h berbanding terbalik terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, maka nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi k_h berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi kelembaban (k_h) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar.

b) Pengaruh Suhu

➤ Isolator BKB

Seperti halnya cara menghitung data rata – rata dan arus bocor pada pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) variasi kelembaban. Dengan cara yang sama maka akan diperoleh hasil data pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) pada variasi suhu. Sehingga langsung dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti gambar 14 berikut:



Gambar 14 Hasil uji arus bocor isolator tanpa pelapis (BKB) pada variasi suhu

Dari gambar 14 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada suhu 40°C yaitu 0,0778 mA, sedangkan yang terkecil terjadi pada suhu 60°C yaitu 0,0754 mA. Kemudian untuk suhu 30°C, 35°C, 45°C, 50°C dan 55°C masing – masing adalah 0,0755 mA, 0,0751 mA, 0,0756 mA, 0,0775 mA dan 0,0773 mA. Jadi secara

keseluruhan dapat dilihat jika perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor, sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor yang terjadi pada isolator. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan (2), (4) dan (6),

$$\delta = \frac{b}{760} \times \frac{273+20}{273+T} = \frac{0,386b}{273+T}$$

$$V = I.R$$

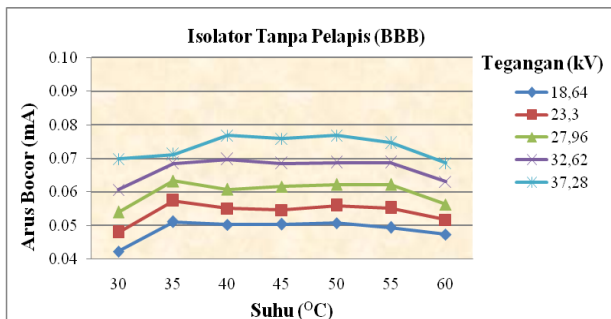
dan

$$R = \frac{\delta V_s}{I}$$

yang mana pada persamaan (6) untuk V_s dan I tetap, nilai δ berbanding lurus terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi nilai δ berbanding terbalik terhadap nilai I , sedangkan untuk hubungan suhu (T) terhadap arus bocor (I), sesuai persamaan (2) untuk b tetap, T berbanding terbalik terhadap δ , maka T berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi suhu (T) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan pada pengujian variasi suhu, tingkat tekanan udara (b) diabaikan, sehingga perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor.

➤ Isolator BBB

Seperti halnya cara menghitung data rata – rata dan arus bocor pada pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) variasi kelembaban. Dengan cara yang sama maka akan diperoleh hasil data pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BBB) pada variasi suhu. Sehingga langsung dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti gambar 15 berikut:



Gambar 15 Hasil uji arus bocor isolator tanpa pelapis (BBB) pada variasi suhu

Dari gambar 15 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada suhu 50°C yaitu 0,0769 mA, sedangkan yang terkecil terjadi pada suhu 30°C yaitu 0,0686 mA. Kemudian untuk suhu 35°C, 40°C, 45°C, 55°C dan 60°C masing – masing adalah 0,0746 mA, 0,0768 mA, 0,0759 mA, 0,0712 mA dan 0,0698 mA. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor, sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor yang terjadi pada isolator. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan (2), (4) dan (6),

$$\delta = \frac{b}{760} \times \frac{273+20}{273+T} = \frac{0,386b}{273+T}$$

$$V = I.R$$

dan

$$R = \frac{\delta V_s}{I}$$

yang mana pada persamaan (6) untuk V_s dan I tetap, nilai δ berbanding lurus terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi nilai δ berbanding terbalik terhadap nilai I , sedangkan untuk hubungan suhu (T) terhadap arus bocor (I), sesuai persamaan (2) untuk b tetap, T berbanding terbalik terhadap δ , maka T berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi suhu (T) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan pada pengujian variasi suhu, tingkat tekanan udara (b) diabaikan, sehingga perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor.

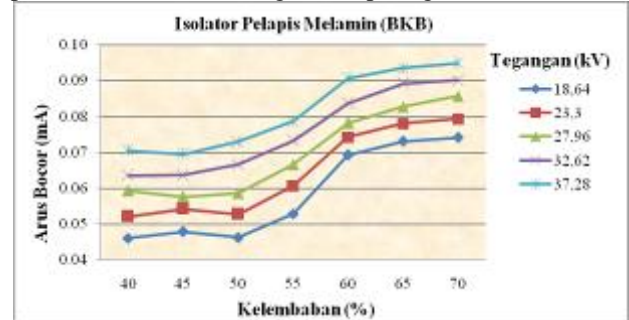
2) Pengujian Isolator Dengan Pelapis Melamin

Pada pengujian isolator dengan pelapis melamin prosesnya sama seperti pada pengujian pada isolator tanpa lapisan, dimana di dapat tiga sampel nilai arus bocor untuk tiap variasi kelembaban dan suhu sekitar yang berbeda.

a) Pengaruh Kelembaban

➤ Isolator BKB

Seperti halnya cara menghitung data rata – rata dan arus bocor pada pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) variasi kelembaban. Dengan cara yang sama maka akan diperoleh hasil data pengujian untuk isolator dengan pelapis melamin (BKB) pada variasi kelembaban. Sehingga langsung dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti gambar 16 berikut:



Gambar 16 Hasil uji arus bocor isolator dengan Pelapis melamin (BKB) pada variasi kelembaban

Dari gambar 16 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada kelembaban 70% yaitu 0,0949 mA, sedangkan yang terkecil terjadi pada kelembaban 45% yaitu 0,0694 mA. Kemudian untuk kelembaban 40%, 50%, 55%, 60% dan 65% masing – masing adalah 0,0705 mA, 0,0730 mA, 0,0787 mA, 0,0906 mA dan 0,0935 mA. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika semakin tinggi kelembaban maka arus bocornya juga akan semakin besar, kecuali pada kelembaban 45% yang mempunyai nilai arus bocor yang paling kecil. Hal ini disebabkan oleh tingkat kelembaban yang tidak konstan pada ruang uji, sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu, semakin tinggi kelembaban maka arus bocornya juga akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan (4) dan (5),

$$V = I.R$$

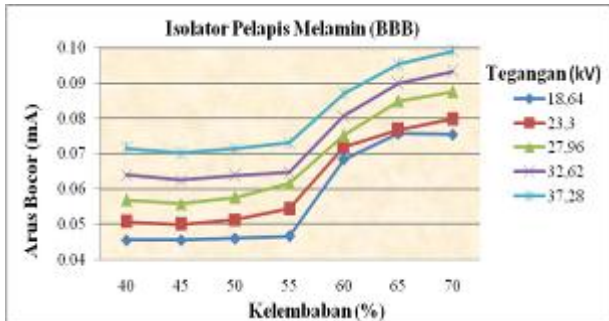
dan

$$R = \frac{V_s}{I \cdot k_h}$$

yang mana pada persamaan (5) untuk nilai V_s dan I tetap, maka nilai k_h berbanding terbalik terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, maka nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi k_h berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi kelembaban (k_h) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar.

➤ *Isolator BBB*

Seperti halnya cara menghitung data rata – rata dan arus bocor pada pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) variasi kelembaban. Dengan cara yang sama maka akan diperoleh hasil data pengujian untuk isolator dengan pelapis melamin (BBB) pada variasi kelembaban. Sehingga langsung dapat dibuat grafik seperti gambar 17 berikut:



Gambar 17 Hasil uji arus bocor isolator dengan Pelapis melamin (BBB) pada variasi kelembaban

Dari gambar 17 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada kelembaban 70% yaitu 0,0991 mA, sedangkan yang terkecil terjadi pada kelembaban 45% yaitu 0,0702 mA. Kemudian untuk kelembaban 40%, 50%, 55%, 60% dan 65% masing – masing adalah 0,0715 mA, 0,0714 mA, 0,0731 mA, 0,0871 mA dan 0,0953 mA. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika semakin tinggi kelembaban maka nilai arus bocornya juga akan semakin besar, kecuali pada kelembaban 45% yang mempunyai nilai arus bocor yang paling kecil. Hal ini bisa disebabkan oleh tingkat kelembaban yang tidak konstan pada ruang uji, sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu, semakin tinggi kelembaban maka nilai arus bocornya juga akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan (4) dan (5),

$$V = I.R$$

dan

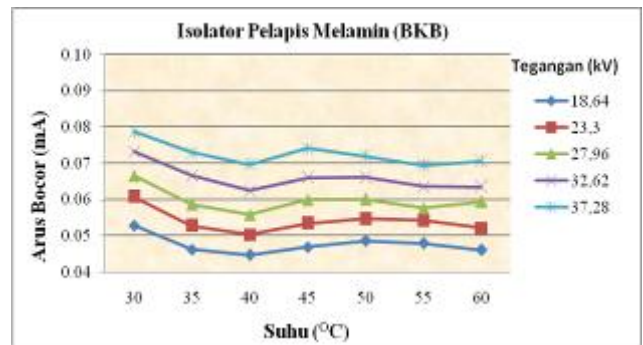
$$R = \frac{V_s}{I \cdot K_h}$$

yang mana pada persamaan (5) untuk nilai V_s dan I tetap, maka nilai k_h berbanding terbalik terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, maka nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi k_h berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi kelembaban (k_h) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar.

b) *Pengaruh Suhu*

➤ *Isolator BKB*

Seperti halnya cara menghitung data rata – rata dan arus bocor pada pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) variasi kelembaban. Dengan cara yang sama maka akan diperoleh hasil data pengujian untuk isolator dengan pelapis melamin (BKB) pada variasi suhu. Sehingga langsung dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti gambar 18 berikut:



Gambar 18 Hasil uji arus bocor isolator dengan Pelapis melamin (BKB) pada variasi suhu

Dari gambar 18 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada suhu 30°C yaitu 0,0787 mA, sedangkan yang terkecil terjadi pada suhu 55°C yaitu 0,0694 mA. Kemudian untuk suhu 35°C, 40°C, 45°C, 50°C dan 60°C masing – masing adalah 0,0730 mA, 0,0696 mA, 0,0742 mA, 0,0720 mA dan 0,0705 mA. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap nilai arus bocor, sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor yang terjadi pada isolator. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan (2), (4) dan (6),

$$\delta = \frac{b}{760} \times \frac{273+20}{273+T} = \frac{0,386b}{273+T}$$

$$V = I.R$$

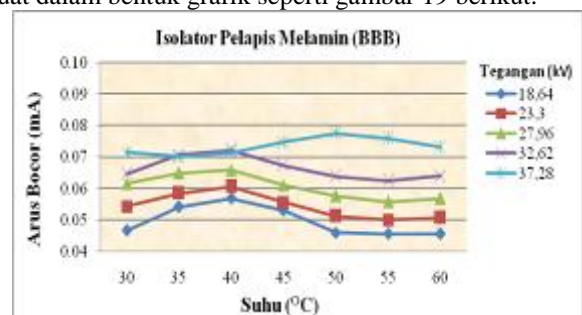
dan

$$R = \frac{\delta V_s}{I}$$

yang mana pada persamaan (6) untuk V_s dan I tetap, nilai δ berbanding lurus terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi nilai δ berbanding terbalik terhadap nilai I , sedangkan untuk hubungan suhu (T) terhadap arus bocor (I), sesuai persamaan (2) untuk b tetap, T berbanding terbalik terhadap δ , maka T berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi suhu (T) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan pada pengujian variasi suhu, tingkat tekanan udara (b) diabaikan, sehingga perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor.

➤ *Isolator BBB*

Seperti halnya cara menghitung data rata – rata dan arus bocor pada pengujian untuk isolator tanpa pelapis (BKB) variasi kelembaban. Dengan cara yang sama maka akan diperoleh hasil data pengujian untuk isolator dengan pelapis melamin (BBB) pada variasi suhu. Sehingga langsung dapat dibuat dalam bentuk grafik seperti gambar 19 berikut:



Gambar 19 Hasil uji arus bocor isolator dengan Pelapis melamin (BBB) pada variasi suhu

Dari gambar 19 didapat untuk tegangan terapan 37,28 kV nilai arus bocor terbesar terjadi pada suhu 40°C yaitu 0,0776 mA, sedangkan yang terkecil terjadi pada suhu 55°C yaitu 0,0702 mA. Kemudian untuk suhu 30°C, 35°C, 45°C, 50°C dan 60°C masing – masing adalah 0,0731 mA, 0,0760 mA, 0,0748 mA, 0,0714 mA dan 0,0715 mA. Jadi secara keseluruhan dapat dilihat jika perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap nilai arus bocor, sedangkan untuk variasi tegangan terapan yang lain juga sama yaitu perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor yang terjadi pada isolator. Hal ini tidak sesuai dengan persamaan (2), (4) dan (6),

$$\delta = \frac{b}{760} \times \frac{273+20}{273+T} = \frac{0,386b}{273+T}$$

$$V = I.R$$

dan

$$R = \frac{\delta V_s}{I}$$

yang mana pada persamaan (6) untuk V_s dan I tetap, nilai δ berbanding lurus terhadap nilai R , sedangkan pada persamaan (4) untuk nilai V tetap, nilai R berbanding terbalik terhadap nilai I . Jadi nilai δ berbanding terbalik terhadap nilai I , sedangkan untuk hubungan suhu (T) terhadap arus bocor (I), sesuai persamaan (2) untuk b tetap, T berbanding terbalik terhadap δ , maka T berbanding lurus terhadap I , atau semakin tinggi suhu (T) maka arus bocor (I) juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan pada pengujian variasi suhu, tingkat tekanan udara (b) diabaikan, sehingga perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor.

3) Rekapitulasi Hasil Pengujian

Pada rekapitulasi pengujian akan membandingkan hasil pengujian arus bocor antara isolator tanpa pelapis dan isolator dengan pelapis melamin, baik pada variasi kelembaban maupun pada variasi suhu. Dan juga pada isolator BKB maupun isolator BBB.

a) Arus Bocor pada Variasi Kelembaban

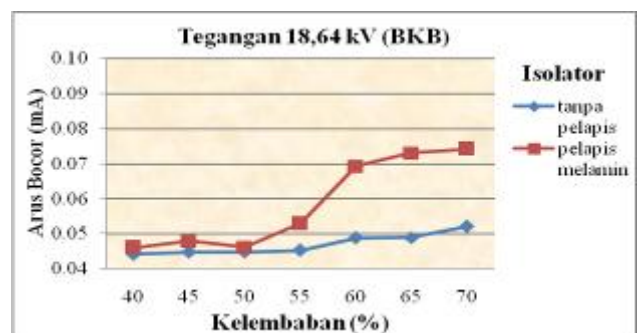
Tabel 4 merupakan perbandingan nilai arus bocor antara isolator tanpa pelapis dan isolator dengan pelapis melamin pada variasi kelembaban.

Tabel 4 perbandingan arus bocor antara isolator tanpa pelapis dan isolator dengan pelapis melamin pada variasi kelembaban

Kelembaban (%)	Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)			
		Tanpa Pelapis		Pelapis Melamin	
		BKB	BBB	BKB	BBB
40	18.64	0.0442	0.0473	0.046	0.0455
	23.3	0.0516	0.0517	0.0521	0.0507
	27.96	0.0601	0.0563	0.0593	0.0569
	32.62	0.0664	0.0631	0.0635	0.064
	37.28	0.0754	0.0698	0.0705	0.0715
45	18.64	0.0448	0.0494	0.0479	0.0455
	23.3	0.0546	0.0552	0.0542	0.05
	27.96	0.0602	0.0622	0.0576	0.0558
	32.62	0.0694	0.0688	0.0636	0.0625
	37.28	0.0773	0.0712	0.0694	0.0702
50	18.64	0.0448	0.0504	0.0462	0.046
	23.3	0.0507	0.0546	0.0527	0.0512
	27.96	0.0582	0.0616	0.0586	0.0576
	32.62	0.0671	0.0685	0.0666	0.0639
	37.28	0.0756	0.0759	0.073	0.0714

55	18.64	0.0453	0.0422	0.0529	0.0466
	23.3	0.0505	0.048	0.0607	0.0543
	27.96	0.0568	0.054	0.0666	0.0616
	32.62	0.0662	0.0606	0.0733	0.0647
	37.28	0.0755	0.0686	0.0787	0.0731
60	18.64	0.0488	0.0508	0.0693	0.0683
	23.3	0.0563	0.0586	0.0743	0.0718
	27.96	0.0643	0.0673	0.0782	0.0752
	32.62	0.0731	0.0823	0.0836	0.0807
	37.28	0.084	0.0843	0.0906	0.0871
65	18.64	0.049	0.0521	0.0731	0.0757
	23.3	0.0588	0.0604	0.0781	0.0768
	27.96	0.0673	0.0703	0.0827	0.0849
	32.62	0.0798	0.0839	0.0892	0.0899
	37.28	0.0919	0.0897	0.0935	0.0953
70	18.64	0.0521	0.066	0.0742	0.0754
	23.3	0.0604	0.0723	0.0794	0.0797
	27.96	0.0703	0.0789	0.0857	0.0875
	32.62	0.0839	0.0863	0.0902	0.0933
	37.28	0.0915	0.091	0.0949	0.0991

Untuk lebih dapat melihat perbandingan nilai arus bocor antara isolator tanpa pelapis dan isolator dengan pelapis melamin pada variasi kelembaban, maka dari tabel 4 maka dapat dibuat grafik perbandingan berikut:



Gambar 20 perbandingan arus bocor pada variasi kelembaban untuk tegangan terapan 18,64 kV (BKB)

Dari gambar 20 didapat untuk tegangan terapan 18,64 kV bisa dilihat bahwa pada kelembaban 40% sampai dengan 70% arus bocor pada isolator dengan pelapis melamin lebih tinggi daripada isolator tanpa pelapis, tetapi peningkatan arus bocor terbesar terjadi pada kelembaban 55% sampai dengan 70%, sedangkan untuk tegangan terapan yang lain juga hampir sama, yaitu arus bocor pada isolator dengan pelapis melamin lebih tinggi daripada isolator tanpa pelapis, tetapi peningkatan arus bocor terbesar terjadi pada kelembaban 55% sampai dengan 70%.

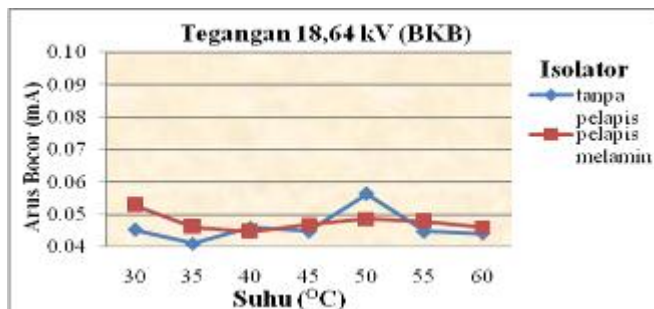
b) Arus Bocor pada Variasi Suhu

Tabel 5 merupakan perbandingan nilai arus bocor antara isolator tanpa pelapis dan isolator dengan pelapis melamin pada variasi suhu.

Tabel 5 perbandingan arus bocor antara isolator tanpa pelapis dan isolator dengan pelapis melamin pada variasi suhu

Suhu (°C)	Tegangan (kV)	Arus Bocor (mA)			
		Tanpa Pelapis		Pelapis Melamin	
		BKB	BBB	BKB	BBB
30	18.64	0.0453	0.0422	0.0529	0.0466
	23.3	0.0505	0.048	0.0607	0.0543
	27.96	0.0568	0.054	0.0666	0.0616
	32.62	0.0662	0.0606	0.0733	0.0647
	37.28	0.0755	0.0686	0.0787	0.0731
35	18.64	0.0411	0.0511	0.0462	0.0541
	23.3	0.0483	0.0574	0.0527	0.0585
	27.96	0.0571	0.0632	0.0586	0.0649
	32.62	0.0644	0.0685	0.0666	0.0707
	37.28	0.0751	0.0746	0.073	0.076
40	18.64	0.046	0.0502	0.0447	0.0569
	23.3	0.0523	0.0551	0.0503	0.0606
	27.96	0.0597	0.0608	0.0558	0.0659
	32.62	0.0682	0.0697	0.0624	0.0723
	37.28	0.0778	0.0768	0.0696	0.0776
45	18.64	0.0448	0.0504	0.0469	0.0531
	23.3	0.0507	0.0546	0.0534	0.0557
	27.96	0.0582	0.0616	0.06	0.0611
	32.62	0.0671	0.0685	0.066	0.0673
	37.28	0.0756	0.0759	0.0742	0.0748
50	18.64	0.0563	0.0508	0.0486	0.046
	23.3	0.061	0.056	0.0546	0.0512
	27.96	0.068	0.0622	0.0601	0.0576
	32.62	0.0713	0.0687	0.0661	0.0639
	37.28	0.0775	0.0769	0.072	0.0714
55	18.64	0.0448	0.0494	0.0479	0.0455
	23.3	0.0546	0.0552	0.0542	0.05
	27.96	0.0602	0.0622	0.0576	0.0558
	32.62	0.0694	0.0688	0.0636	0.0625
	37.28	0.0773	0.0712	0.0694	0.0702
60	18.64	0.0442	0.0473	0.046	0.0455
	23.3	0.0516	0.0517	0.0521	0.0507
	27.96	0.0601	0.0563	0.0593	0.0569
	32.62	0.0664	0.0631	0.0635	0.064
	37.28	0.0754	0.0698	0.0705	0.0715

Untuk lebih dapat melihat perbandingan nilai arus bocor antara isolator tanpa pelapis dan isolator dengan pelapis melamin pada variasi kelembaban, maka dari tabel 5 maka dapat dibuat grafik perbandingan berikut:



Gambar 21 perbandingan arus bocor isolator pada variasi suhu untuk tegangan terapan 18,64 kV (BKB)

Dari gambar 21 didapat untuk tegangan terapan 18,64 kV bisa dilihat bahwa arus bocor pada isolator tanpa pelapis

dan dengan pelapis melamin hampir sama, hal ini dikarenakan perubahan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor pada isolator, sedangkan untuk tegangan terapan yang lain juga sama yaitu, arus bocor pada isolator tanpa pelapis dan dengan pelapis melamin hampir sama.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari data hasil pengujian serta analisis yang telah dipaparkan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian isolator tanpa pelapis variasi kelembaban pada gambar (12 dan 13) terlihat bahwa kelembaban berbanding lurus terhadap nilai arus bocor, sedangkan untuk hasil pengujian isolator tanpa pelapis variasi suhu pada gambar (14 dan 15) terlihat bahwa kenaikan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor yang terjadi pada isolator.
2. Untuk hasil pengujian isolator dengan pelapis melamin variasi kelembaban pada gambar (16 dan 17) terlihat bahwa kelembaban berbanding lurus terhadap nilai arus bocor, sedangkan untuk hasil pengujian isolator dengan pelapis melamin variasi suhu pada gambar (18 dan 19) terlihat bahwa kenaikan suhu tidak berpengaruh terhadap arus bocor yang terjadi pada isolator.
3. Dari grafik pengujian pengaruh kelembaban terhadap arus bocor pada gambar (20) terlihat nilai bahwa isolator dengan pelapis melamin mempunyai nilai arus bocor yang lebih besar daripada isolator tanpa pelapis, terutama pada kelembaban yang tinggi, sedangkan dari grafik pengujian pengaruh suhu terhadap arus bocor pada gambar (21) terlihat nilai arus bocor pada isolator tanpa pelapis dan dengan pelapis melamin tidak menunjukkan perbedaan.
4. Dari hasil pengujian isolator untuk variasi suhu 60°C kondisi fisik isolator mulai melengkung sehingga bisa dinyatakan bahwa isolator uji tidak layak digunakan sebagai isolator pasangan luar (outdoor) tetapi lebih layak untuk isolator pasangan dalam (indoor).

B. Saran

Pengujian yang dilakukan ini masih memiliki banyak sekali kekurangan, untuk itu perlu dilakukan perbaikan untuk percobaan-percobaan sejenis. Beberapa perbaikan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pada pengujian variasi suhu terlihat bahwa hasil pengujian tidak sesuai dengan dasar teori, hal ini dikarenakan faktor tekanan udara diabaikan. Hendaknya untuk pengujian selanjutnya faktor tekanan udara ikut diperhitungkan, agar data yang didapat lebih akurat.
2. Diharapkan dapat dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi pelapis isolator yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hamzah Berahim, 2005. *Methodology to assess the performance of silane epoxy resin insulating polymer as high voltage insulator materials in the tropical areas*, Dissertation doctorate degree at Department of Electrical Engineering, Gajah Mada University, Jakarta, 1994.
- [2] Tobing, Bonggas L, Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [3] Tobing, Bonggas L, Peralatan Tegangan Tinggi, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [4] Arismunandar Artono. 1994. *Teknik Tegangan Tinggi*, Cetakan ketujuh, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [5] Dwinata, A. 2007. *Pengaruh Kelembaban pada Tegangan Discharge Blok ZnO*, Tugas Akhir Fakultas Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [6] Syakur, Abdul., Winarko Ap, Hamzah Berahim, Sarjiya, dan Rochmadi. 2008. *Studi Pengukuran Partial Discharge pada Bahan Resin Epoksi*, Transmisi, Jurnal Teknik Elektro, Semarang, Jilid 10, 1, 49-52.
- [7] Amriadi Ivrans, "Karakteristik Flashover dan Arus Bocor pada bahan isolasi polymer yang berpolutan", Skripsi, UGM, 2000, Yogyakarta.
- [8] Abdul Syakur (2010). *Isolator Saluran Udara*. From <http://abdulsyakur.blog.undip.ac.id/tag/isolator/>, (diakses tanggal 30 desember 2011).

BIODATA



Penulis lahir di Bengkulu, 21 April 1990 mempunyai riwayat pendidikan di SDN 11 Desa Turan Lalang Bengkulu, SMPN 1 Tes Lebong Selatan Bengkulu, SMKN 2 Curup Bengkulu dan saat ini sedang menjalankan studi strata 1 di Teknik Elektro Universitas Diponegoro konsentrasi teknik tenaga listrik.

Mengetahui / Mengesahkan :
Dosen Pembimbing I

Abdul Syakur, S.T., M.T.
NIP. 19720422 199903 1 004

Dosen Pembimbing II

Ir. Yuningtyastuti, M.T.
NIP. 19520926 198303 2 001