

ANALISA PENGARUH VARIASI DAN KOMPOSISI BAHAN PENGISI TERHADAP UNJUK KERJA SAMPEL ISOLATOR RESIN EPOKSI SILANE

Aji Suryo Alam^{*)}, Abdul Syakur, and Agung Nugroho

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : Ajielek07@gmail.com

Abstrak

Isolator polimer telah dikembangkan dan digunakan pada saluran transmisi dan jaringan distribusi. Salah satu bahan polymer yang telah digunakan adalah resin epoksi. Isolator sangat rentan terhadap pengaruh lingkungan seperti adanya polutan yang menempel pada permukaan isolator yang dapat menyebabkan arus bocor permukaan. Oleh karena itu isolator harus mempunyai unjuk kerja yang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan persentase bahan pengisi resin epoksi silane menyebabkan kenaikan sudut kontak yang berarti resistansi permukaan bahan isolasi semakin naik, sehingga nilai tegangan flashover semakin meningkat, tetapi kekuatan mekanik cenderung menurun. Nilai pengukuran sudut kontak dan pengujian tegangan flashover pada komposisi filler 50% cenderung lebih besar dibanding sampel lainnya. Sedangkan nilai pengujian tarik dan pengujian tekan pada komposisi filler 50% cenderung menurun dibandingkan dengan sampel lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan persentase bahan pengisi membuat permukaan bahan isolasi semakin hidrofobik, tetapi dilihat dari sisi kekuatan mekanik peningkatan persentase bahan pengisi cenderung menurunkan kekuatan mekanik dari sampel bahan resin epoksi silane.

Kata Kunci : Isolator, tegangan flashover, hidrofobik, Uji Tarik, Uji Tekan, Resin Epoksi Silane

Abstract

Insulating polymers have been developing and using on the transmission lines and distribution. One of the polymer material that has been used is an epoxy resin. Insulators are particularly vulnerable to environmental influences such as the presence of pollutants that attach to the surface of the insulator which can cause surface leakage current. The study was conducted to determine how much influence the variation and filler composition on the performance of physical characteristic, electrical characteristic and mechanical characteristic. On physical characteristic examination performed contact angle measurements, testing electrical flashover voltage testing, while testing the tensile mechanical testing and test press. The results showed that the increase in the percentage of epoxy resin filler silanes causes an increase in the contact angle means the resistance of the insulation material surface to rise, thus increasing the value of flashover voltage, but the mechanical strength tends to decline. Value of contact angle measurements and testing flashover at 50% filler compositions tend to be larger than the other samples. While the value of tensile testing and tap testing on filler composition declined 50% compared with other samples. This indicates that the increase in the percentage of filler makes the hydrophobic surface of an insulating material, but in terms of the percentage increase in the mechanical strength of the filler tends to degrade the mechanical strength of epoxy resin samples silanes.

Keywords: insulators, flashover voltage, hydrophobic, Tensile Test, Compressive Test, Resin Epoksi Silane

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi listrik setiap tahunnya terus bertambah, bahkan energi listrik pada saat ini sudah merupakan suatu kebutuhan pokok dalam kehidupan sehari-hari di masyarakat. Perluasan jaringan listrik untuk menjamin penyaluran energi listrik merupakan suatu keharusan dengan semakin bertambahnya pengguna energi listrik dalam kehidupan sehari-hari. Proses penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit sampai ke

beban melewati saluran yang sangat panjang sehingga tentu saja hasil pengiriman daya listrik tidak akan efisien, karena timbulnya berbagai masalah dalam proses penyaluran tersebut. Salah satu masalah tersebut yang tidak dapat ditinggalkan adalah masalah yang timbul pada penggunaan isolator. Isolator dalam pemakaiannya mengalami penuaan yang diakibatkan oleh pengaruh lingkungan sekitar, seperti adanya perubahan suhu, iklim, radiasi sinar matahari dan lain sebagainya.

Isolator penghantar tegangan tinggi mutlak diperlukan, terutama untuk memisahkan bagian yang bertegangan (penghantar) dengan bagian lain, mencakup pengetahuan tentang desain, keamanan, keandalan dari isolator, serta pengetahuan tentang sifat fisik maupun susunan kimia dari bahan isolator yang akan sangat menentukan sifat dielektrik dari bahan isolator. Dengan perencanaan, analisis dan pengembangan bahan isolator akan memperbaiki keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan beserta dengan nilai ekonomisnya.^[1]

Polimer memainkan peranan yang penting sebagai media isolasi untuk isolator karena keunggulan sifat-sifat kimia fisiknya serta kinerja polimer yang baik dan mempunyai banyak kelebihan dibanding dengan keramik/ porselin dan gelas.^[2] Bahan isolasi keramik/porselin dan gelas umumnya mempunyai kekuatan dielektrik $\pm 3,7-10,1$. Isolator dengan bahan isolasi polimer semakin banyak dipakai pada saluran distribusi dan transmisi dengan tingkatan tegangan semakin tinggi, dan telah dipasarkan secara massal.^[3]

Pada penelitian ini dikaji dan dibuat sampel isolator dari resin epoksi silane dengan tujuan untuk memperoleh data komposisi yang tepat sesuai dengan kebutuhan sebagai penyekat bagian – bagian yang bertegangan tinggi. Hasil dari bahan isolasi padat tersebut diuji sifat elektriknya dilakukan pengujian flashover. Dari sisi sifat mekaniknya dilakukan pengujian untuk mengetahui kekuatan tekan dan kekuatan tarik. Dan dari sisi sifat fisiknya dilakukan pengukuran sudut kontak untuk mengetahui seberapa tingginya suatu isolator dalam menolak air. Untuk penelitian mengenai arus bocor telah diteliti oleh para peneliti yang terdahulu.^[4-7]

2. Metode

A. Bahan

Bahan Isolator polimer resin epoksi silane dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

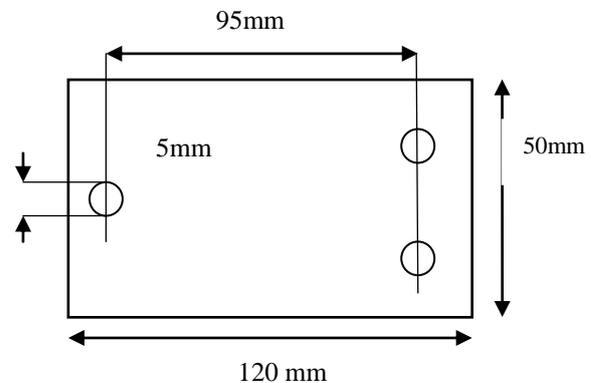
1. Bahan dasar polimer resin epoksi silane jenis DGEBA (Diglycidyl Ether of Bisphenol A), dan bahan pematang/pengeras MPDA (Metaphenylenediamine).
2. Bahan pengisi adalah Silicone Rubber atau Silane dan pasir

Adapun komposisi bahan uji dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Komposisi penyusun bahan uji Pasir

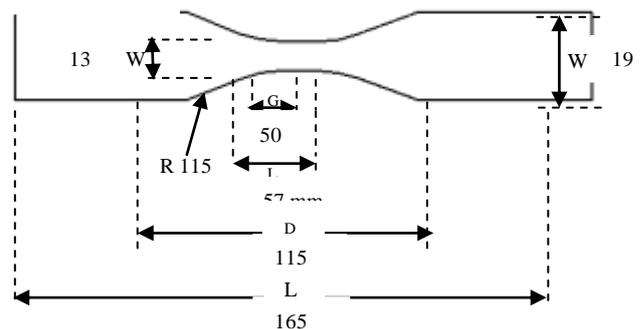
KODE	DGEBA (%)	MPDA (%)	SILANE(%)	PASIR(%)
S10%	45	45	5	5
S20%	40	40	10	10
S30%	35	35	15	15
S40%	30	30	20	20
S50%	25	25	25	25

Dimensi pengeboran dan ukuran bahan uji sampel sudut kontak dan flashover dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



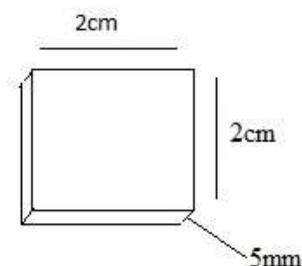
Gambar 1. Dimensi bahan uji sudut kontak dan flashover^[8]

untuk bahan sampel uji kuat tarik dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Dimensi bahan uji kuat tarik^[9]

Sedangkan untuk bahan sampel uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Dimensi bahan uji kuat tekan

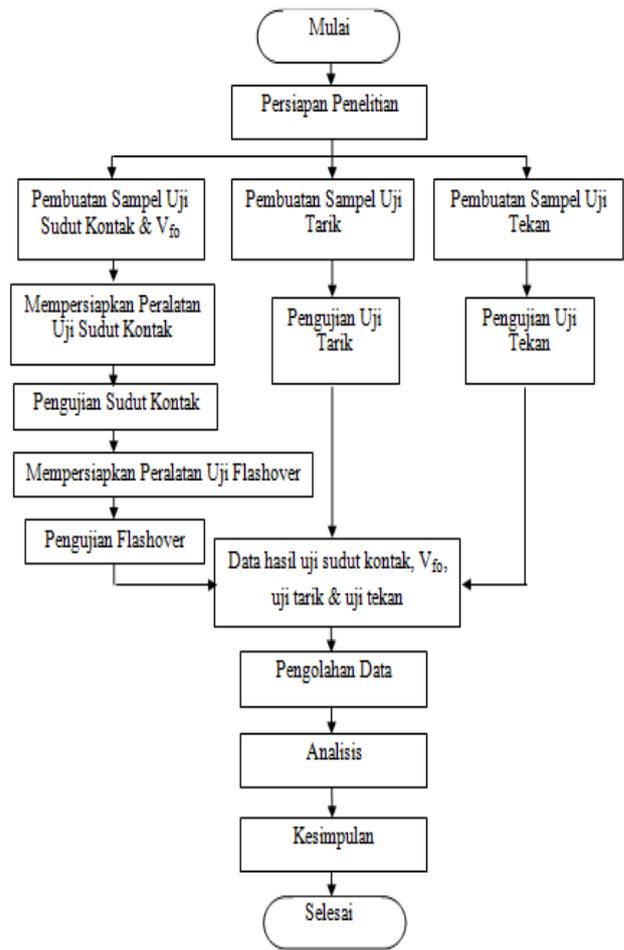
B. Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan terdiri atas peralatan untuk mencetak bahan uji, peralatan untuk mengukur tegangan flashover, peralatan pengukuran sudut kontak, peralatan pengujian tarik dan peralatan pengujian tekan yang digunakan selama penelitian.

1. Peralatan pencetak bahan uji
 - a. Cetakan kaca
 - b. Mesin bor kayu
 - c. Mesin gerinda duduk
 - d. Neraca digital
 - e. Kotak tupperware
 - f. Peralatan lain yang meliputi kertas mika, entong nasi, penjepit kertas, spidol permanen, alas kayu persegi.
2. Peralatan pengukuran tegangan flashover
 - a. Elektroda batang
 - b. Transformator AC
3. Peralatan pengukuran sudut kontak
 - a. Seperangkat lampu sebagai sumber cahaya tambahan
 - b. Kamera
 - c. Komputer
4. Peralatan pengukuran pengujian mekanik
 - a. Kertas milimeter blok
 - b. Universal Testing Machine

C. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah pembuatan sampel bahan yang akan diuji mengacu pada diagram alir pada Gambar 4 berikut:



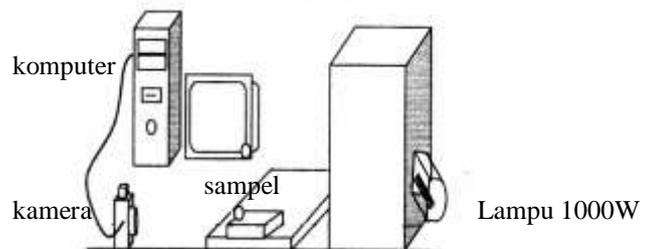
Gambar 4 Diagram Alir Penelitian

D. Proses Pengujian

1. Pengukuran Sudut Kontak

Pengujian sudut kontak ini dimaksudkan untuk menentukan sifat permukaan bahan isolasi bersifat hidrofobik atau hidrofilik. Sudut hidrofobik mencerminkan sifat kedap air dari permukaan bahan, semakin besar sudut hidrofobik, maka semakin baik sifat bahan untuk dapat menahan air tidak masuk ke dalam bahan isolator.

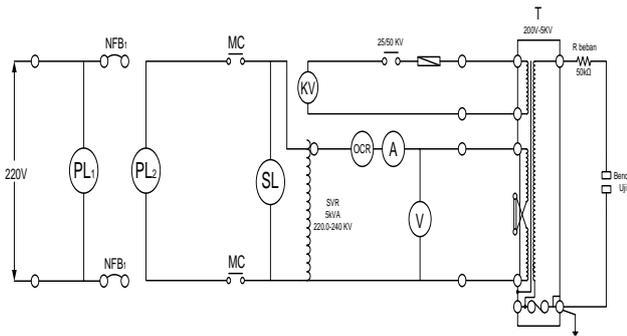
Berikut adalah gambar rangkaian pengujian sudut kontak.



Gambar 5 Rangkaian pengujian sudut kontak

2. Pengujian Flashover

Pengujian tegangan flashover dilakukan dengan memberikan tegangan yang dinaikkan secara terus-menerus sampai terjadi flashover. Tujuan pengujian flashover ini adalah mengetahui kekuatan dielektrik isolator terhadap tegangan tinggi. Skema pengujian ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 6 Rangkaian Uji Tegangan Flashover

3. Pengujian Kekuatan Mekanik Bahan

Bahan isolasi sekaligus juga merupakan bahan konstruksi peralatan. Oleh karena itu ia juga memikul beban mekanis, sehingga bahan isolasi harus memenuhi persyaratan mekanis yang dibutuhkan.^[11] Pengujian mekanis ini menyangkut uji tarik dan uji tekan.



Gambar 7 Universal Testing Machine

3. Hasil dan Analisa

Adapun hasil pengujian dan perhitungan dari penelitian adalah sebagai berikut :

- Pengaruh variasi dan komposisi filler terhadap sudut kontak
- Pengaruh variasi dan komposisi terhadap tegangan flashover
- Data pengujian mekanis pada sampel uji resin epoksi silane

Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran, maka di dapatkan hasil sebagai berikut :

3.1 Hasil Pengukuran Sudut Kontak

Contoh pengukuran sudut kontak dari hasil pengamatan pada bahan sampel pasir dieng 50%.



Gambar 8 Contoh profil tetesan air dan perhitungan sudut kontak resin epoksi silane

$$\begin{aligned} \text{Sudut kontak kiri} &= 67,58385^\circ \\ \text{Sudut kontak kanan} &= 61,03234^\circ \end{aligned}$$

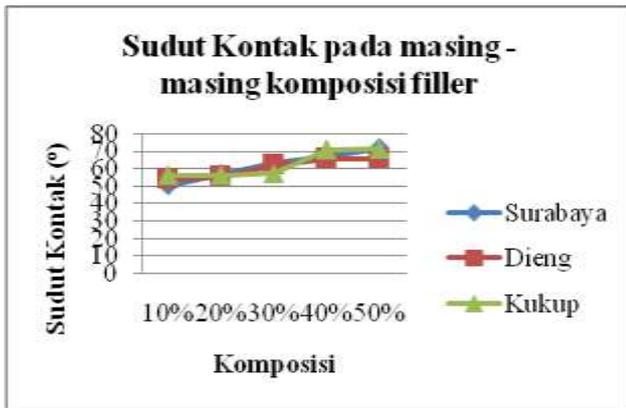
Untuk menentukan sudut kontak dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sudut kontak} &= \frac{\text{Sudut kontak kiri} + \text{sudut kontak kanan}}{2} \\ &= \frac{67,58385^\circ + 61,03234^\circ}{2} \\ &= 64,31^\circ \end{aligned}$$

Hasil pengukuran dan perhitungan sudut kontak bahan uji resin epoksi silane dengan bahan pengisi pasir silika dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 hasil pengukuran sudut kontak terhadap komposisi masing-masing filler

Komposisi	Sudut Kontak (°)		
	Surabaya	Dieng	Kukup
10%	50.43	53.79	55.97
20%	56.92	55.26	56.18
30%	63.01	62.01	57.20
40%	67.01	65.73	70.63
50%	71.35	65.83	71.18



Gambar 9 Grafik hubungan antara sudut kontak terhadap masing - masing komposisi dan variasi filler

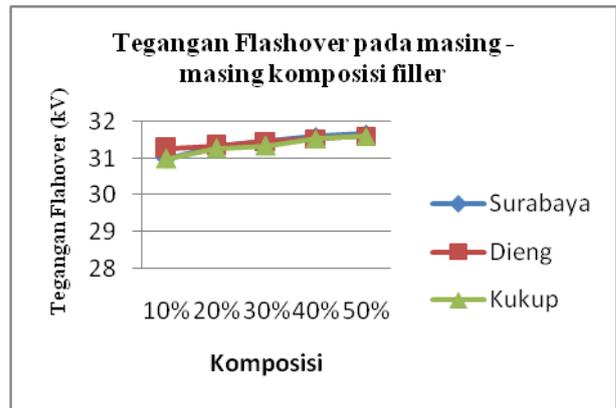
Dari data hasil pengujian dan gambar 9 dapat dilihat bahwa resin epoksi dengan persentase pasir silika 10% - 50% mengalami kenaikan sudut kontak. Semakin bertambahnya bahan pengisi pada sampel, maka sudut kontak cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin besarnya sifat menolak air pada bahan akibat penambahan silane. Nilai sudut kontak secara umum semakin meningkat, nilai sudut kontak ini dikategorikan bersifat partially wetted (basah sebagian). Kriteria partially wetted (basah sebagian) adalah bila sudut kontak antara 30° sampai dengan 89°.

3.2 Hasil Pengujian Flashover

Pengambilan data tegangan flashover setiap variasi campuran dilakukan pada tiga sampel, dan masing – masing sampel dilakukan lima kali pengambilan data. Sehingga masing – masing variasi didapatkan 15 data yang kemudian dirata – rata.

Tabel 3 hasil pengukuran tegangan flashover terhadap komposisi masing-masing filler

Komposisi	Tegangan Gagal (kV)		
	Surabaya	Dieng	Kukup
10%	31.00	31.27	31.00
20%	31.33	31.33	31.27
30%	31.47	31.47	31.33
40%	31.60	31.53	31.53
50%	31.67	31.60	31.60



Gambar 10 Grafik hubungan antara tegangan flashover terhadap masing – masing komposisi dan variasi filler

Dari data hasil pengujian dan gambar 10 dapat dilihat bahwa resin epoksi dengan persentase pasir silika 10% - 50% cenderung mengalami kenaikan tegangan. Tegangan gagal yang paling rendah terjadi pada bahan sampel isolator dengan pasir surabaya dan pasir dieng pada komposisi 10% dengan tegangan gagal 31.00 kV. Dan tegangan gagal tertinggi terjadi pada bahan sampel isolator dengan pasir surabaya komposisi 50% dengan tegangan gagal 31.67 kV. Semakin bertambahnya bahan pengisi silane (*silicone rubber*) pada sampel, maka tegangan flashover cenderung semakin meningkat. *Silicone rubber* memiliki sifat hidrofobik yang unggul karena dengan demikian dapat mempertahankan ketahanan permukaan serta meminimalkan terjadinya flashover.

Dari gambar juga terlihat perbedaan grafik antar variasi pasir silika, yang seharusnya dari semua variasi memiliki tegangan gagal dengan rata – rata yang sama. Karena SiO_2 (*Silika Dioksida*) tidak berpengaruh pada besar kecilnya tegangan flashover.

3.3 Hasil Pengujian Mekanis

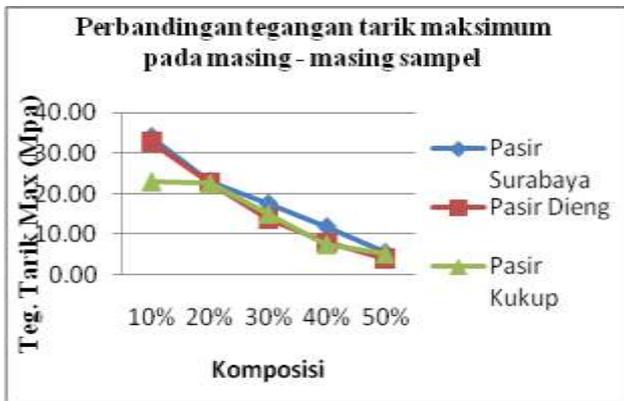
3.3.1 Pengujian Tarik

Uji tarik digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Rata-rata Tegangan Tarik Maksimal pada keseluruhan sampel

Komposisi	Tegangan Tarik Maksimum (Mpa)		
	Surabaya	Dieng	Kukup
10%	34.10	32.90	22.98
20%	23.15	22.77	22.51
30%	17.65	13.83	15.02
40%	11.92	7.89	7.55
50%	5.55	3.84	5.19

Hubungan antara Tegangan Tarik Maksimum dan Komposisi filler dapat digambarkan pada gambar 11 berikut ini



Gambar 11 Grafik hubungan antara tegangan tarik maksimum terhadap masing - masing komposisi dan variasi filler

Dari data hasil pengujian dan gambar 11 dapat dilihat bahwa resin epoksi silane dengan persentase pasir 10% - 50% cenderung mengalami penurunan tegangan. Tegangan tarik maksimum yang paling rendah terjadi pada bahan sampel isolator dengan pasir dieng pada komposisi 50% dengan tegangan tarik maksimum 3.84 Mpa. Dan tegangan tarik maksimum tertinggi terjadi pada bahan sampel isolator dengan pasir silika surabaya komposisi 10% dengan tegangan tarik maksimum 34.10 Mpa. Semakin bertambahnya bahan pengisi pasir membuat bahan sampel resin epoksi silane semakin getas. Pasir memiliki sifat elastis yang rendah, sehingga semakin banyak pasir yang ditambahkan ke dalam sampel bahan resin epoksi silane maka justru akan menurunkan keelastisan sampel bahan resin epoksi silane.

Sampel bahan resin epoksi silane yang memiliki tegangan tarik maksimum tertinggi adalah pasir surabaya yaitu sebesar 34.10 Mpa, sehingga pasir surabaya layak untuk digunakan dilihat dari besar kekuatan tarik.

3.3.2 Pengujian Tekan

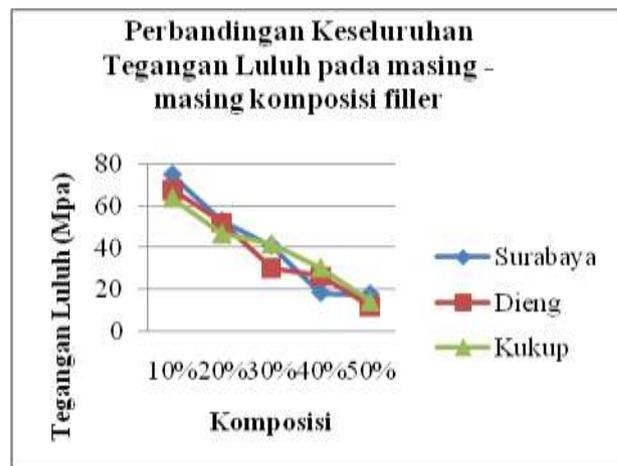
Pengujian tekan adalah salah satu pengujian mekanik untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tekan. Caranya adalah dengan memberikan gaya tekan kepada bahan uji. Tegangan (stress) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekasmisme luluh disebut dengan tegangan luluh.

Tabel 5 hasil pengukuran tegangan luluh terhadap komposisi masing-masing filler

Komposisi	Tegangan Luluh (Mpa)		
	Surabaya	Dieng	Kukup
10%	74.83	67.91	64.11
20%	52.64	52.13	46.82
30%	40.93	30.28	41.98
40%	18.46	26.37	30.53
50%	17.63	11.76	14.28

10%	74.83	67.91	64.11
20%	52.64	52.13	46.82
30%	40.93	30.28	41.98
40%	18.46	26.37	30.53
50%	17.63	11.76	14.28

Dari tabel 5 tersebut dapat digambarkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 12 Grafik hubungan antara tegangan luluh terhadap masing - masing komposisi dan variasi filler

Dari data hasil pengujian dan gambar 12 dapat dilihat bahwa resin epoksi silane dengan persentase pasir silika 10% - 50% cenderung mengalami penurunan tegangan. Tegangan luluh yang paling rendah terjadi pada bahan sampel isolator dengan pasir dieng pada komposisi 50% dengan tegangan luluh 11.76 Mpa. Dan tegangan luluh tertinggi terjadi pada bahan sampel isolator dengan pasir surabaya komposisi 10% dengan tegangan luluh 74.83 Mpa. Semakin bertambahnya bahan pengisi pasir dan berkurangnya bahan pengeras MPDA (*Methaphenylene Diamine*), maka tegangan luluh cenderung semakin menurun. Hal ini disebabkan karena bahan sampel resin epoksi silane semakin ulet. Pasir mempunyai sifat elastis yang rendah, sehingga semakin banyak pasir yang ditambahkan ke dalam sampel bahan maka justru akan menurunkan keelastisan sampel bahan resin epoksi silane. Sehingga memerlukan sedikit tegangan untuk dapat luluh.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data - data yang diperoleh dan hasil pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Sudut kontak permukaan sampel bahan resin epoksi silane dipengaruhi oleh bahan pengisi silicone rubber dan pasir silika. Kenaikan presentase bahan pengisi menyebabkan sudut kontak yang terbentuk semakin

besar, namun sudut kontak yang paling besar masih dibawah 90° . Sudut kontak terbesar dimiliki oleh sampel bahan resin epoksi silane pasir surabaya komposisi S50% dengan sudut kontak 71.35° . Sehingga bahan dikategorikan partially wetted (basah sebagian)

2. Pada pengujian tarik, tegangan tarik semakin menurun disebabkan karena semakin bertambahnya bahan pengisi pasir dan semakin berkurangnya bahan pengeras MPDA (*Methaphenylene Diamine*). Pasir memiliki sifat yang keras, sehingga semakin bertambahnya komposisi pasir pada bahan resin epoksi silane akan membuat bahan tidak elastis.
3. Pada pengujian tekan, semakin bertambahnya bahan pengisi pasir dan berkurangnya bahan pengeras MPDA (*Methaphenylene Diamine*), maka tegangan luluh cenderung semakin menurun. Hal ini disebabkan karena bahan sampel resin epoksi silane semakin ulet. Pasir mempunyai sifat yang rapuh, sehingga apabila diberikan gaya tekan, bahan sampel resin epoksi silane akan mudah hancur.

Referensi

- [1]. Malik, N.H., Al-Arainy, A.A., and Qureshi, M.I., 1998. *Electrical Insulation in Power Systems*, pp. 164-167, Marcel Dekker Inc., New York.
- [2]. Waluyo, *Pengaruh Komposisi Bahan Isolasi Resin Epoksi dengan Bahan Pengisi Rice Husk Ash (RHA) terhadap Arus Bocor dengan Metode IEC 587*, Penelitian, Universitas Bengkulu, 2010.
- [3]. Hackam, R., 1998, "*Outdoor High Voltage Polymeric Insulators*", Proceedings of 1998 International Symposium on Electrical Insulating Materials., Toyohashi, Japan, 1 - 12.
- [4]. Putra, Tommy Perdana, *pengaruh sinar ultraviolet dan penambahan bahan pengisi pasir silika terhadap arus bocor permukaan bahan isolator resin epoksi silane*, Penelitian, Universitas Diponegoro, 2012
- [5]. Pradipta, Jefri, *Degradasi Permukaan Bahan Resin Epoksi Silane Silika Akibat Paparan UV dan Arus Bocor*, Penelitian, Universitas Diponegoro, 2012
- [6]. Susilowati, Dyah Ika, *Analisa arus bocor permukaan bahan isolasi resin epoksi silane menggunakan metode pengukuran inclined-plane tracking*, Penelitian, Universitas Diponegoro, 2012
- [7]. Wijayanti, Ratih Wahyu, *Pengaruh Kontaminan terhadap Sudut Kontak Hidropobik dan Karakteristik Arus Bocor pada Sampel Isolator Resin Epoksi Silane*, Penelitian, Universitas Diponegoro
- [8]. IEC 587:1984, "*Methods for Evaluating Resistance to Tracking and Erosion of Electrical Insulating Materials Used Under Severe Ambient Conditions*", British Standards Institution, British Standard (BS)
- [9]. ASTM (American Standard Tensile and Material D638
- [10]. Surdia, Tata, M.S Met E dan Prof. Dr. Shinroku Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan ke-3 PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1995
- [11]. Tobbing, Bonggas L, *Peralatan Tegangan Tinggi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003