

# PENGARUH KOMPOSISI RESIN TERHADAP SIFAT ELEKTRIK DAN MEKANIK UNTUK BAHAN ISOLATOR TEGANGAN TINGGI

Totok Dermawan\*, Elin Nuraini\*\*, Suyamto\*\*

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir (STTN)\*

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) - BATAN\*\*

Jln. Babarsari Kotak Pos 6101 ykbb Yogyakarta 55281

Email : ptapb@batan.go.id

## ABSTRAK

**PENGARUH KOMPOSISI RESIN TERHADAP SIFAT ELEKTRIK DAN MEKANIK UNTUK BAHAN ISOLATOR TEGANGAN TINGGI.** Telah dilakukan pembuatan isolator padat dari resin untuk tegangan tinggi dengan variasi komposisi resin dengan pengeras. Tujuan penelitian mengetahui sifat elektrik dan mekanik bahan isolator tegangan tinggi dari resin. Untuk mengetahui sifat elektriknya dilakukan pengujian tegangan gagal bahan dan tegangan loncatan api yang terjadi di permukaan. Sifat mekaniknya diuji dengan mengukur keuletannya dengan uji tarik. Dari penelitian ini diperoleh komposisi campuran resin yang sesuai sebagai bahan isolator tegangan tinggi. Dari pengujian berbagai komposisi campuran diketahui bahwa komposisi antara pengeras dan resin 1 : 800 mempunyai sifat yang paling menguntungkan karena bersifat ulet dengan kuat tarik sebesar 19,86 MPa dan kekuatan dielektriknya cukup tinggi yaitu 43,2 kV/mm.

**Kata kunci :** resin, komposisi, isolasi padat, tegangan tinggi

## ABSTRACT

**EFFECT OF RESIN COMPOSITION TO THE ELECTRICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH VOLTAGE INSULATOR MATERIAL.** A solid insulator manufacture of resins for high voltage with a variation of resin and hardener composition has been made. The purpose of research to know electrical and mechanical properties of high voltage insulator material of resin. To determine its electric properties, the material is tested its breakdown voltage and the flashover voltage that occurred on the surface. While to determine the mechanical properties were tested by measuring its strength with a tensile test. From testing with variety of mixed composition it is known that for composition between hardener and resin of 1 : 800 has most advantageous properties because it has good strength with a tensile strength of 19.86 MPa and enough high dielectric strength of 43.2 kV / mm.

**Keywords :** resin, composition, solid insulation, high voltage

## PENDAHULUAN

Isolasi adalah salah satu dari beberapa persoalan yang penting dalam teknik listrik khususnya pada pengoperasian tegangan tinggi. Pada peralatan-peralatan pemercepat partikel (*particle accelerator*) selalu menggunakan sumber tegangan tinggi. Sehingga dalam pengoperasian peralatan tersebut terkait dengan persoalan tegangan tinggi khususnya tentang teknik pembangkitan dan sistem keselamatannya. Dalam hal sistem keselamatan tegangan tinggi antara lain terkait dengan teknik isolasi dan sistem pentanahan (*grounding*).

PTAPB-BATAN Yogyakarta saat ini sedang dilakukan kegiatan rancang bangun MBE dan siklotron sehingga perlu didukung oleh berbagai

bidang penelitian yang terkait termasuk teknik isolasi tegangan tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari isolator jenis padat dari bahan resin guna mendukung program tersebut, misalnya dalam pembuatan *feedthrough* atau *bushing insulator* dari sumber tegangan tinggi ke tabung pemercepat.

Pada penelitian ini dikaji dan dibuat isolator padat dari resin 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 yang meliputi tegangan dadal (*breakdown voltage*) dan terjadinya loncatan bunga api di permukaan (*flashover*). Dari sisi sifat

mekaniknya dilakukan pengujian untuk mengetahui kegetasan dan keuletan bahan yang dibuat yang dalam hal ini hanya dilakukan uji tarik karena dalam aplikasinya sebagai isolator, kekuatan tarik bahan adalah yang paling dominan dibanding dengan kekuatan tekan dan geser.

## DASAR TEORI

Isolasi adalah sifat bahan yang dapat memisahkan secara elektrik dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus atau dalam hal gradient tegangan tinggi, tidak terjadi loncatan api (*flashover*). Jadi isolator merupakan bahan yang dipakai untuk mengisolasi bagian yang bertegangan. Isolator yang dipakai pada setiap peralatan listrik terutama peralatan tegangan tinggi, merupakan komponen biaya yang besar yang diperlukan untuk membuat peralatan tersebut. Oleh sebab itu pemakaian isolator harus seekonomis mungkin namun tidak mengurangi kemampuan dan fungsinya untuk mengisolasi bagian yang bertegangan. Semakin tinggi pemakaian level tegangan, diperlukan isolator yang semakin baik karena potensi terjadinya gangguan dan kegagalan juga semakin tinggi. Pada keadaan dimana kebocoran arus yang terjadi semakin besar, dapat terjadi loncatan bunga api listrik (*flashover*) bahkan terjadi hubung singkat karena isolator gagal menjalankan fungsinya (*breakdown*). Ditinjau dari jenisnya isolator dapat dibagi tiga yaitu padat, cair dan gas<sup>[1]</sup>. Pada isolator yang sempurna, semua elektronnya terikat erat pada masing-masing atomnya sehingga tidak terdapat muatan bebas sehingga sulit mengalirkan arus.

### Bahan Isolator

Penggunaan isolasi harus ekonomis, namun tidak mengurangi kemampuannya atau perlu dicari alternatif dengan bahan isolasi yang baru dan harganya rendah serta cukup tersedia di pasaran. Bahan polimer bersifat isolasi listrik merupakan bahan insulator yang sangat baik, banyak digunakan sebagai bahan isolator karena mempunyai banyak keuntungan yaitu: pencetakan yang mudah, ringan dan kuat bila dicampur dengan bahan penguat *glass fiber* E, S dan AR (Alkali Resistant).

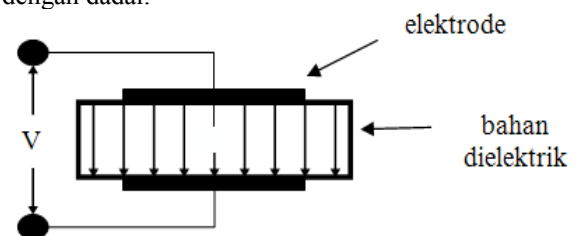
Resin merupakan bahan polimer yang banyak digunakan sebagai bahan isolator karena selain mudah didapatkan di pasaran juga tersedia dalam bentuk padat maupun cair sehingga mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Bahan dasar resin epoksi adalah *diglicidyl ether of bisphenol A* (DGEBA), merupakan polimer resin epoksi yang mempunyai sifat fisika dan mekanika berbeda-beda tergantung pada proses polimerisasinya<sup>[2]</sup>. Resin juga bersifat tidak higroskopis, mempunyai ketahanan mekanik

dan terhadap zat kimia yang baik serta harganya murah. Kelemahannya adalah kurang tahan terhadap panas dibanding dengan isolator bahan keramik, sehingga perlu ditingkatkan kemampuan mekanisnya yaitu menggunakan fiber glass dan fiber karbon. Dengan pengisian bahan tersebut tersebut kekuatan tarik, ketahanan terhadap kimia, dan kekuatan isolasinya dapat ditingkatkan.<sup>[3]</sup>

### Sifat Isolator Yang Baik

Agar isolator dapat melaksanakan fungsinya dengan baik harus mempunyai sifat elektrik, mekanis, termis dan sifat kimia yang baik. Sifat elektrik merupakan sifat yang paling penting suatu isolator dan hal ini ditunjukkan oleh kekuatan dielektrisnya yaitu kemampuan memisahkan bagian-bagian yang berarus atau bertegangan. Jadi kekuatan dielektrik adalah besarnya ketahanan suatu isolator untuk dapat bertahan terhadap tegangan listrik dan isolator yang baik harus mempunyai kuat dielektrik yang besar. Sifat elektrik meliputi tegangan saat terjadi *flashover*, tegangan dadal (*breakdown voltage*), kuat dielektrik bahan, resistivitas dan faktor kehilangan dielektrik. *Flashover* adalah peristiwa terjadinya lompatan listrik di sekitar permukaan isolator, sedangkan *breakdown* keadaan dimana terjadi tembus listrik pada isolator.

Dalam kasus *flashover* kerusakan isolator disebabkan karena panas yang ditimbulkan busur api pada permukaan isolator, sedangkan pada kasus *breakdown* menyebabkan isolator pecah atau dikenal dengan dadal.



Gambar 1. Arus pada suatu dielektrikum.

Besarnya tegangan listrik maksimum yang dapat ditahan suatu isolator tanpa merusak sifat isolasinya dinyatakan dengan persamaan<sup>[3]</sup>

$$E = V_{bd} / h \quad (1)$$

dengan

$E$  : kuat medan listrik (kV/mm)

$V_{bd}$  : tegangan dadal/material isolasi (kV)

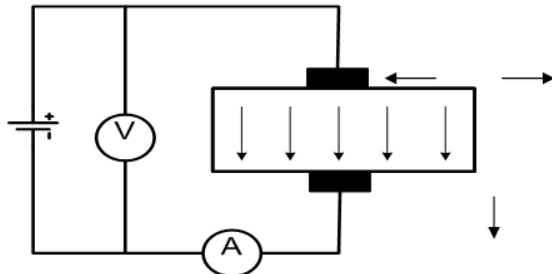
$h$  : ketebalan bahan dielektrik (mm)

=  $d^n$  untuk material polimer

$d$  : ketebalan bahan (mm)

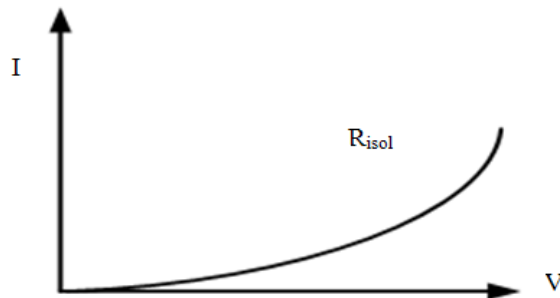
$n$  : konstanta = 0 untuk tegangan DC dan 0,2 - 0,3 untuk tegangan AC

Suatu bahan dielektrik jika diberi tegangan, maka arus yang mengalir terdiri dari dua komponen, yaitu arus yang mengalir pada permukaan disebut arus permukaan dan arus yang mengalir melalui volume bahan disebut dengan arus volume. Perbandingan antara tegangan DC yang diberikan dan arus listrik total disebut tahanan isolasi, dengan arus permukaan disebut tahanan permukaan dan dengan volume bahan disebut tahanan volume.



**Gambar 2.** Arus pada suatu dielektrikum.

Pengaruh tegangan terhadap tahanan isolasi, untuk isolator padat ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pengaruh tegangan terhadap isolasi padat.

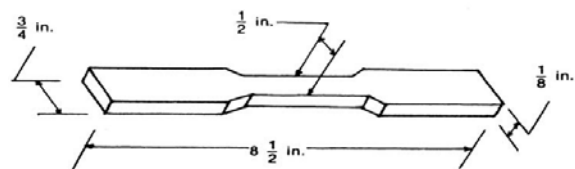
Setiap dielektrik mempunyai batas kekuatan untuk memikul terpaan elektrik. Pada Gambar 2 menggambarkan suatu bahan dielektrik yang ditempatkan di antara dua elektroda piring sejajar. Bila elektroda diberi tegangan searah  $V$ , maka timbul medan elektrik ( $E$ ) di dalam dielektrik. Medan elektrik ini memberi gaya kepada elektron-elektron agar terlepas dari ikatannya dan menjadi elektron bebas. Pada keadaan dimana elektron bebas yang terjadi sangat banyak maka bahan akan menjadi konduktor karena dan disebut tembus listrik atau "breakdown" karena gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator.

Sifat mekanis isolator terkait dengan kekuatan mekaniknya antara lain tahan terhadap tekanan mekanik dan tidak mudah aus yaitu kerusakan yang disebabkan oleh pemakaian. Dalam hal ini terkait erat dengan kualitas bahan yang ditunjukkan oleh. kegetasan, keuletan dan kekerasan bahan. Kekuatan mekanik bahan isolasi adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan beban

yang datangnya dari dalam atau dari luar, yang merupakan beban tarik dan beban geser. Sifat mekanik tergantung pada berat molekul dengan daerah yang sangat luas, dan merupakan aspek yang mendasar. Diantara sifat mekanik yang perlu diperhatikan adalah, kekuatan tarik, kompresif, dan flekstur<sup>[4,7]</sup>.

Uji sifat mekanik pada suatu bahan isolator dilakukan dengan alasan selain karena isolator berfungsi untuk memisahkan dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan sehingga tidak terjadi kebocoran arus, dalam hal ini gradien tinggi yang berupa lompatan api (*flashover*) dan percikan (*spark over*) tetapi juga berfungsi secara mekanik yaitu harus mampu menahan beban berupa kawat penghantar pada menara sistem transmisi tenaga listrik. Pengujian sifat mekanik yang dilakukan untuk bahan isolasi resin metakrilat ini, adalah berhubungan dengan uji tarik, Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* (tegangan-regangan) mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik.

Spesimen uji mekanik bahan isolasi resin umumnya dibuat dengan dimensi seperti pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Dimensi bahan uji mekanik.

Suatu bahan jika ditarik dengan suatu gaya tarik yang bertambah secara perlahan-lahan, maka bahan tersebut akan putus pada gaya tarik tertentu. Besarnya *strees* atau tegangan tarik bahan, regangan dan modulus elastisitas bahan adalah

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad (2)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (3)$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{FL_o}{A\Delta L} \quad (4)$$

dengan

$\sigma_t$  : tegangan tarik ( $\text{kg/mm}^2$ )

$F$  : gaya tarik maksimum ( $\text{kg}_f$ ).

$A$  : luas penampang benda ( $\text{mm}^2$ )

$\varepsilon$  : regangan (%)

$\Delta L$  : pertambahan panjang benda saat patah (mm)

$L_o$  : panjang batang mula-mula (mm)

$E$  : modulus elastisitas ( $\text{kg/mm}^2$ )

Sifat kimia termasuk di dalamnya adalah sifat higroskopis, yaitu sifat yang menunjukkan mudah

dan tidaknya suatu bahan isolator menyerap air. Karena air merupakan bahan yang konduktif, maka semakin basah suatu isolator, tahanan jenis maupun kuat dielektriknya akan semakin kecil dan kemampuan isolasinya akan turun. Sifat kimia yang lain adalah sifat mudah berkarat yang disebabkan oleh kondisi lingkungan seperti gas, garam, alkali dan sebagainya<sup>[5]</sup>.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Resin dan pengeras, kaca, mirror glass

### Alat

Gelas ukur dan pipet endof, sumber tegangan tinggi Cocroft Walton, meter arus dan meter tegangan, elektroda jarum, mesin uji tarik

### Cara Kerja

Seperti telah dijelaskan sebelumnya pada bab pendahuluan bahwa untuk mengetahui pengaruh komposisi resin terhadap sifat elektrik dan mekaniknya dilakukan 3 macam pengujian yaitu uji *flashover*, *breakdown* dan uji tarik. Untuk keperluan tersebut sebelumnya dibuat spesimen bahan uji isolator dari dasar resin (*diglycidyl ether of bisphenol A/ DGEBA*), dicampur dengan bahan pengeras (*metaphenylene diamine/MPDA*) dengan

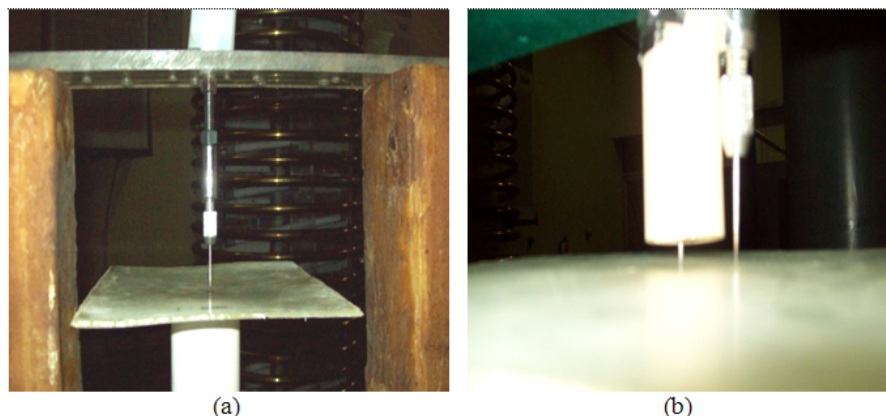
perbandingan volume 1 : 400; 1 : 600; 1 : 800; 1 : 1000; dan 1 : 1250 mililiter.

Pengujian *flashover* dan *breakdown* untuk material isolasi komposit disesuaikan standart IEC 1109 : 1992. Spesimen dibuat berbentuk persegi dengan ukuran (20x20) mm dan ketebalan 2 mm. Elektrode yang digunakan adalah elektrode jarum-jarum agar lebih mudah terjadi lucutan elektron, elektrode dan spesimen ditunjukkan pada Gambar 5. Pengujian dilakukan menggunakan fasilitas tegangan tinggi Generator Cockcroft Walton pada Mesin Berkas Elektron (MBE) yang ada di gedung 14 PTAPB BATAN Yogyakarta. Pengujian *flashover* dilakukan dengan memvariasi jarak antar elektrode, sedangkan pengujian *breakdown* dilakukan dengan mengatur *alignment* elektrode atas dan bawah, kedua cara pengujian tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.

Pengujian dilakukan sedapat mungkin disesuaikan dengan standar IEC 601:1989 yaitu tegangan sumber dinaikkan secara bertahap sebesar 1 kV per detik sampai dengan 12 kV, kemudian dipertahankan konstan selama 1 menit sampai terjadi *flashover* maupun *breakdown*. Pada pengujian ini tegangan tinggi DC dinaikkan secara bertahap dengan selang waktu 60 detik sampai terjadi *flashover* dan *breakdown*, kemudian dilakukan pengambilan data masing-masing 5 kali untuk setiap benda uji.



Gambar 5. Spesimen dan elektroda.



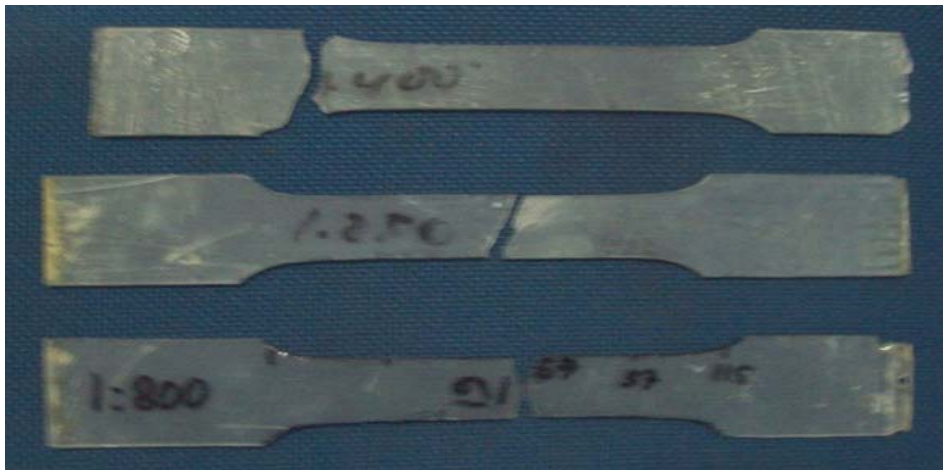
Gambar 6. Pengujian (a) *Flashover* dan (b) *Breakdown*.

Untuk memastikan bahwa tegangan *flashover* pada benda uji bukan merupakan tegangan *breakdown* udara di sekelilingnya maka sebelumnya dilakukan pengujian *breakdown* dielektrik udara. Di samping itu karena uji *flashover* merupakan uji tak merusak (*non destructive test*) dan uji *breakdown* merupakan uji merusak (*destructive test*), maka tegangan pada saat terjadi *breakdown* harus lebih besar bila dibandingkan dengan tegangan pada waktu terjadi *flashover*.

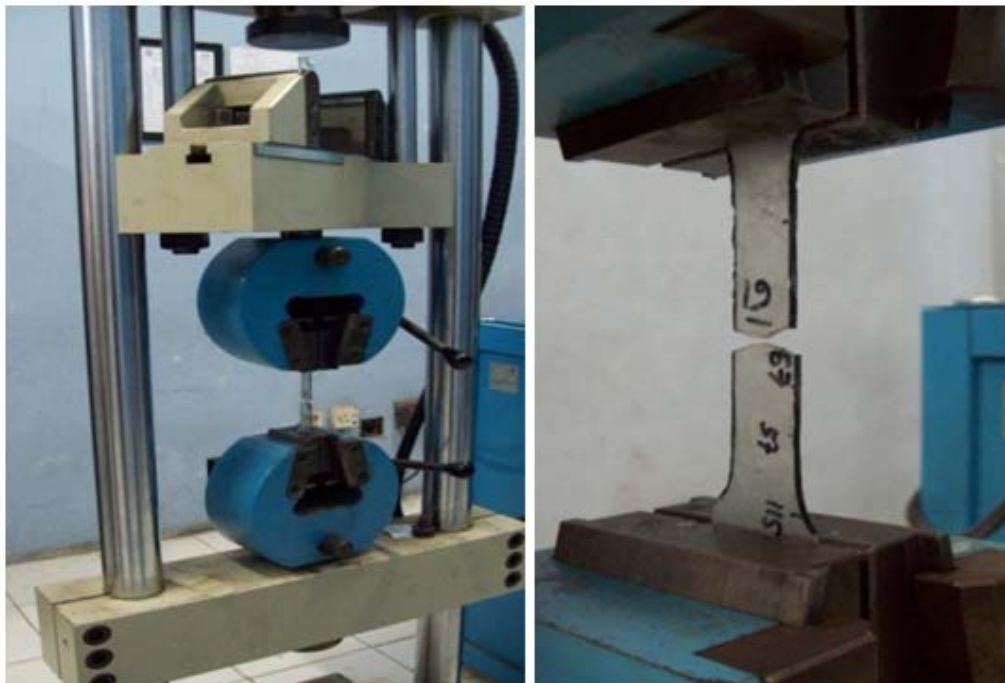
Pada kedua pengujian tersebut diperlukan alat ukur tegangan tinggi Voltmeter (kV), alat ukur arus kecil Galvanometer ( $\mu\text{A}$ ), alat ukur kelembaban

Hygrometer dan alat ukur suhu termometer analog serta pencatat waktu Stopwatch.

Untuk pengujian kekuatan tarik sebelumnya dibuat spesimen uji dengan dimensi mengacu pada standar ASTM D 638 (Gambar 7) dengan komposisi resin yang sama dengan uji *flashover* dan *breakdown*. Pengujian dilakukan di salah satu laboratorium Teknik Mesin UGM Yogyakarta menggunakan mesin tarik *Universal Testing Machines* merk Controlab tipe TN20MD, dimana spesimen uji ditarik sampai putus. Pengambilan data meliputi besarnya gaya tarik dan pertambahan panjang pada saat bahan uji putus. Foto mesin tarik *Universal Testing Machines* disajikan pada Gambar 8.



Gambar 7. Spesimen uji tarik bahan.



Gambar 8. Mesin tarik Controlab TN20MD.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa sebelum dilakukan pengujian *flashover* terhadap sampel uji, terlebih dahulu dilakukan pengujian dengan kuat dielektrik udara. Hal ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan *flashover* udara. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 1. Suhu udara ruangan selama pengujian berlangsung adalah 21 °C dan kelembaban relatif (RH) 70 %. Pengujian tegangan dadal (*breakdown*) dimaksudkan untuk menandakan bahwa telah terjadi kegagalan isolasi.

Dari Tabel 1 pada suhu udara 20 °C dan RH 70% mempunyai tegangan tembus sebesar 45 kV terhadap tegangan tinggi searah yang diukur menggunakan elektrode jarum-jarum pada jarak 2 cm, sehingga kuat dielektrik udara adalah pada ruangan tersebut sebesar 45 kV/2cm.

Pada pengujian *flashover*, jarak antara elektrode divariasikan dari 2 sampai dengan 5 cm,

tegangan dinaikkan secara bertahap dan ditahan selama 1 menit, hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2<sup>[6]</sup>.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa besar tegangan *flashover* hampir sama untuk setiap spesimen atau setiap campuran resin yaitu rata-rata 12,43 kV/cm. Bila dibandingkan dengan tegangan *flashover* udara yaitu 45 kV/2cm (Tabel 1), dapat disimpulkan bahwa tegangan *flashover* terjadi pada permukaan sampel dan bukan pada udara.

Dari hasil percobaan tersebut terlihat bahwa tegangan *flashover* pada permukaan isolator lebih rendah daripada udara. Hal ini disebabkan oleh sifat bahan isolasi yang relatif lebih konduktif daripada udara.

Pengujian *breakdown* dilakukan sama seperti pengujian *flashover* (Gambar 6b), dimana setiap spesimen diuji sebanyak 5 kali dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3<sup>[6]</sup>.

**Tabel 1.** Hasil pengujian dielektrik udara.

No.	Jarak Elektrode (cm)	Bahan dielektrik	Tegangan Flashover (kV)	Arus Bocor ( $\mu$ A)
1	2	udara	45	625

**Tabel 2.** Hasil pengujian *flashover*.

No.	Jarak Elektrode (cm)	Perbandingan MPDA : DGEBA	Tegangan Flashover (kV)	Arus Bocor ( $\mu$ A)
1	2	1 : 400	24	6
		1 : 600	21	4
		1 : 800	21	4
		1 : 1000	21	6
		1 : 1250	24	4
2	3	1 : 400	36	4
		1 : 600	36	6
		1 : 800	36	4
		1 : 1000	36	10
		1 : 1250	36	4
3	4	1 : 400	54	4
		1 : 600	52	6
		1 : 800	54	4
		1 : 1000	51	4
		1 : 1250	54	8
4	5	1 : 400	63	4
		1 : 600	63	6
		1 : 800	66	4
		1 : 1000	66	4
		1 : 1250	63	6

**Tabel 3.** Hasil pengujian *Breakdown*.

No.	Perbandingan MPDA dan DGEBA	Pengujian ke	Tegangan Tembus (kV)	Rerata Tegangan Tembus (kV)	Arus Bocor ( $\mu$ A)	Kekuatan Dielektrik (kV/mm)
A	1:400	1	48	55,8	2	27,9
		2	69		2	
		3	54		2	
		4	48		4	
		5	60		2	
B	1:600	1	66	71,4	2	35,7
		2	78		2	
		3	69		2	
		4	72		2	
		5	72		3	
C	1:800	1	78	86,4	2	43,2
		2	84		2	
		3	96		4	
		4	90		3	
		5	84		2	
D	1:1000	1	96	90,6	3	45,3
		2	102		10	
		3	108			
		4	78			
		5	69			
E	1:1250	1	96	82,8		41,4
		2	84			
		3	72			
		4	78			
		5	84			

Dari hasil pengujian pada Tabel 3 diketahui bahwa besarnya tegangan tembus setiap bahan uji berbeda-beda tergantung pada perbandingan konsentrasi campuran antara bahan dasar DGEBA dengan pengerasnya (MPDA). Besarnya tegangan tembus terus naik sampai dengan konsentrasi campuran 1:1000, selanjutnya tegangan tembus akan kembali menurun dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Konsentrasi campuran dengan perbandingan yang lebih tinggi lagi sulit dibuat, karena selain bahan sangat lunak juga diperlukan waktu pengeringan yang lebih lama.

Sebaliknya campuran bahan uji dengan konsentrasi rendah bersifat sangat keras, kaku dan mudah retak sehingga kurang bagus digunakan

sebagai bahan isolator tegangan tinggi seperti *feedthrough*. Pengujian tegangan tarik dilakukan terhadap 3 macam campuran resin yaitu 1:400; 1:800 dan 1:1250. Ukuran spesimen ditunjukkan pada Gambar 4, hasil pengujiannya ditunjukkan pada Tabel 4, sedangkan hasil perhitungan secara teoritis menurut persamaan (2) - (4) ditunjukkan pada Tabel 5.

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 diketahui bahwa hasil pengujian dan perhitungan tegangan tarik tidak jauh berbeda. Campuran resin dengan perbandingan yang besar mempunyai tegangan tarik yang lebih besar sedangkan campuran dengan perbandingan yang lebih kecil mempunyai tegangan tarik yang lebih kecil.

**Tabel 4.** Hasil pengujian tegangan tarik.

No	Kode	Tegangan tarik maksimum, $\sigma_u$ (Mpa)	Regangan ( $\epsilon$ ) \ %
1	400	33,79	12,35
2	800	19,86	10,13
3	1250	16,80	8,14

**Tabel 5.** Hasil perhitungan tegangan tarik.

No.	Perbandingan	Tegangan tarik $\sigma_t$ (Mpa)	$\epsilon$ (%)	$E$ (Mpa/mm <sup>2</sup> )
1	1 : 400	33,3059	12,34	270
2	1 : 800	19,7368	10,14	194,64
3	1 : 1250	17,2697	8,14	212,16

## KESIMPULAN

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran yang baik adalah sampel dengan perbandingan resin (*diglycidyl ether of bisphenol A*/ DGEBA), dicampur dengan bahan pengeras (*metaphenylene diamine*/MPDA) (1:800) ml. Hal ini dikarenakan campuran bahan dasar resin dengan bahan pengeras mempengaruhi kekuatan dielektrik. Tingginya prosentase bahan pengeras yang dicampurkan mengakibatkan bahan bersifat keras namun getas dengan nilai kekuatan dielektrik yang rendah. Sedangkan prosentase bahan pengeras yang rendah menjadikan bahan bersifat lembek dengan waktu pengeringan yang lebih lama, serta kekuatan dielektriknya rendah. Hasil pengujian diperoleh bahwa komposisi sampel C, bersifat ulet dengan kuat tarik sebesar 19,86 MPa dan kekuatan dielektriknya 43,2 kV/mm.

## DAFTAR PUSTAKA

1. **TOBING, BONGGAS L.**, 2003, "Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
2. **ARIFANTO**, 2008, "Analisis Karakteristik Pada Kabel Berisolasi Berselubung PVC Tegangan Pengenal 300/500V, Teknik Elektro, Universitas Indonesia Jakarta.
3. **BERAHIM, H.**, 2005, "Metodologi Untuk Mengkaji Kinerja Isolasi Polimer Resin Epoksi Silane Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi Di Daerah Tropis", Disertasi Jurusan Teknik Elektro, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
4. **STEVENS, M.P.**, 1989, "Polymers Chemistry An Introduction", Oxford University Press, Inc, London.
5. **SUYAMTO**, 2009, "Fisika Bahan Listrik.
6. IEC 601, "High Voltage Test Technical", 1989

7. **DERMAWAN, T., BERAHIM, H., DARSONO.**, 2012, "Analisis Sifat Mekanik Untuk Feedthrough", Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir VII STTN-BATAN, Yogyakarta.

## TANYA JAWAB

### Edi Trijono

- Bagaimana cara melakukan pengujiannya?

### Totok Dermawan

- ✓ Cara melakukan pengujian tegangan dadal adalah sebagai berikut :
  1. Kita siapkan sampel yang kita uji (sampel yang dibuat dari perbandingan resin dan pengeras).
  2. Tegangan dinaikkan secara bertahap dan ditahan selama 1 menit.
  3. Seperti langkah no. 2, dinaikkan terus sampai terjadi tegangan dadal (breakdown voltage).

### Ratmi Herlani

- Apakah sudah diketahui komposisi dari bahan pengeras yang dipakai, apa saja? Saran saya untuk resin yang dipakai sebaiknya sudah tertentu spesifikasinya/tersertifikasi agar mutunya terjamin.

### Totok Dermawan

- ✓ Dari hasil penelitian yang telah kami lakukan diperoleh komposisi dari bahan pengeras dan resin bening yang ada di pasaran yaitu 1 : 800 (pengeras : resin) dengan sifat yang ulet dan kekuatan elektrik yang cukup besar/tinggi yaitu 43,2 kV/mm. Saran kami terima untuk penelitian selanjutnya.



**Mujari, A.Md**

1. Apa alasannya dipilih bahan resin dan bahan apa selain resin yang digunakan?
2. Berapa perbandingannya dan dari segi ekonomis dan kualitas yang didapat bagaimana?

**Totok Dermawan**

1. Alasannya dipilih bahan resin untuk bahan isolator tegangan tinggi yaitu karena resin

- merupakan salah satu bahan isolator padat yang mempunyai sifat transparan (tembus cahaya), isolator yang baik dan mempunyai sifat ketahanan kimia yang baik.*
2. *Belum dibandingkan dengan bahan lain tetapi menurut literatur bahan yang bagus sebagai bahan isolator adalah keramik hanya saja harganya mahal.*