

## Efektifitas Pemanfaatan Arang Bonggol Jagung Sebagai Filler Komposit Resin Epoksi Untuk Isolator Listrik

### *The Effectiveness Of Using Corncob Charcoal As An Epoxy Resin Composite Filler For Electrical Insulators*

Julaipah<sup>1</sup>, Moh Toni Prasetyo<sup>2</sup>, Siswandari Noertjahjani<sup>3</sup>, Radiktyo Nindyo Sumarno<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author : [radiktyo@unimus.ac.id](mailto:radiktyo@unimus.ac.id)

### Abstrak

Seiring dengan perkembangan zaman, isolator sangat dibutuhkan dalam jaringan transmisi maupun distribusi. Material isolator dalam jaringan tersebut berbeda – beda. Penggunaan isolator tegangan tinggi dari bahan porselen, kaca, dan keramik banyak digunakan sehingga pengganti material isolator polimer harus dikembangkan. Isolator polimer yang digunakan adalah resin epoksi. Penelitian menggunakan bahan polimer resin epoksi dengan perbandingan 1:1 ditambah dengan variasi ukuran nilai material pengisi serbuk arang bonggol jagung dan lem kaca dengan nilai persentase masing – masing 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Berbagai variasi nilai bahan pengisi digunakan untuk mengetahui pengaruh komposisi bahan pengisi serbuk arang bonggol jagung terhadap sudut kontak dan arus bocor. Penelitian dilakukan di laboratorium menurut standar IEC 587:1984. Berdasarkan hasil uji komposisi bahan yang telah dilakukan, arang bonggol jagung mempunyai kandungan silika sebesar 42,06%. Diperoleh data pada pengujian sudut kontak, RTV 40 mempunyai sudut kontak terbaik diantara sampel yang lainnya dengan nilai sebesar 75,2°. Pada pengujian arus bocor, RTV 40 memiliki kualitas yang baik diantara sampel yang lainnya. RTV 40 memiliki waktu penjajakan terlama saat proses kebocoran arus. Saat terjadi proses penjajakan kebocoran arus, bahan uji akan mengalami erosi atau pengapuran bahan secara permanen pada jalur yang dilewati tetesan polutan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penambahan bahan pengisi dapat mempengaruhi kualitas suatu bahan isolator, semakin banyak bahan pengisi dapat memperlambat terjadinya kebocoran arus.

**Kata Kunci** : isolator, resin epoksi, arang bonggol jagung, polimer, kebocoran arus

### Abstract

Along with the times, insulators are needed in transmission and distribution networks. The insulating material in the network is different. The use of high-voltage insulators from porcelain, glass, and ceramic materials is widely used so that substitutes for polymer insulating materials must be developed. The polymer insulators used is an epoxy resin. The study used an epoxy resin polymer material with a ratio 1:1 added with variations in the size of value of the filler material for corncob charcoal powder and glass glue with a percentage value respectively of 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Various variations of the value of the filler are used to determine the effect of the composition of the filler material on corncob charcoal powder on the contact angle and leakage current. The research is carried out in a laboratory according to the IEC standard 587:1984. Based on the results of the material composition test that has been carried out, corncob charcoal has a silica content of 42,06%. The data obtained on the contact angle test, RTV 40 has the best contact angle among other sampels with a value of 75,2°. In leakage current test, RTV 40 has good quality among other samples. RTV 40 has the longest probe time during the current leakage process. When the current leakage probe process occurs, the test material will experience erosion or permanent calcification of the material on the path through which the pollutant drops pass. Based on the results of research that has been done, the addition of filler material can affect the quality of an insulator material, the more filler material can slow down the leakage current.

**Keywords** : insulator, epoxy resin, corncob charcoal, polimer, leakage current.

## PENDAHULUAN

Saat ini energi listrik sangat dibutuhkan dalam kehidupan manusia mulai dari penggunaan untuk kebutuhan rumah tangga hingga penggunaan untuk kebutuhan industri skala kecil maupun besar. Semakin berkembang teknologi dan ilmu pengetahuan maka kebutuhan terhadap energi listrik juga menjadi hal penting dalam suatu kemajuan zaman karena energi listrik telah diubah menjadi berbagai macam bentuk energi seperti energi panas, energi mekanik, energi cahaya, dan masih banyak bentuk energi lainnya. Bahan isolasi alternatif yang dapat digunakan adalah memilih polimer sebagai isolator tegangan tinggi. Salah satu contoh bahan isolasi polimer adalah resin epoksi. Kelemahan dari resin epoksi terletak pada bahan pengisinya *Aluminium oksida trihidrat* (ATH) karena ketidakmurniannya, mengandung Natrium Oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) dan Kalium Oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Kedua oksida hasil alkali tersebut jika bertemu dengan air, akan membentuk alkali hidroksida ( $\text{NaOH}$  dan  $\text{KOH}$ ) yang merupakan elektrolit keras yang dapat mengganggu dielektrik silikloalifatik.

Sifat – sifat bahan isolator harus diperhatikan dalam penggunaannya. Karena sifat elektris dan mekanis suatu bahan isolator sangat penting, sehingga harus diperhatikan dalam pemilihan jenis bahannya. Dalam memilih jenis bahan isolasi, tidak boleh mengurangi fungsi dari isolator tersebut. Berdasarkan penguraian tersebut, sehingga penambahan bahan pengisi (*filler*) serbuk arang bonggol jagung dan *silane* diharapkan mampu memperbaiki hingga dapat menambah nilai guna ataupun fungsi dari bahan isolator. Pemilihan serbuk arang bonggol jagung sebagai salah satu bahan pengisi karena belum ada yang melakukan penelitian terhadap bahan pengisi tersebut dan terdapat banyak kandungan dalam bahan tersebut seperti kandungan silika, karbon, hingga kalium.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran bahan isolasi pengisi arang bonggol jagung pada komposit resin epoksi terhadap arus bocor dan sudut kontak.

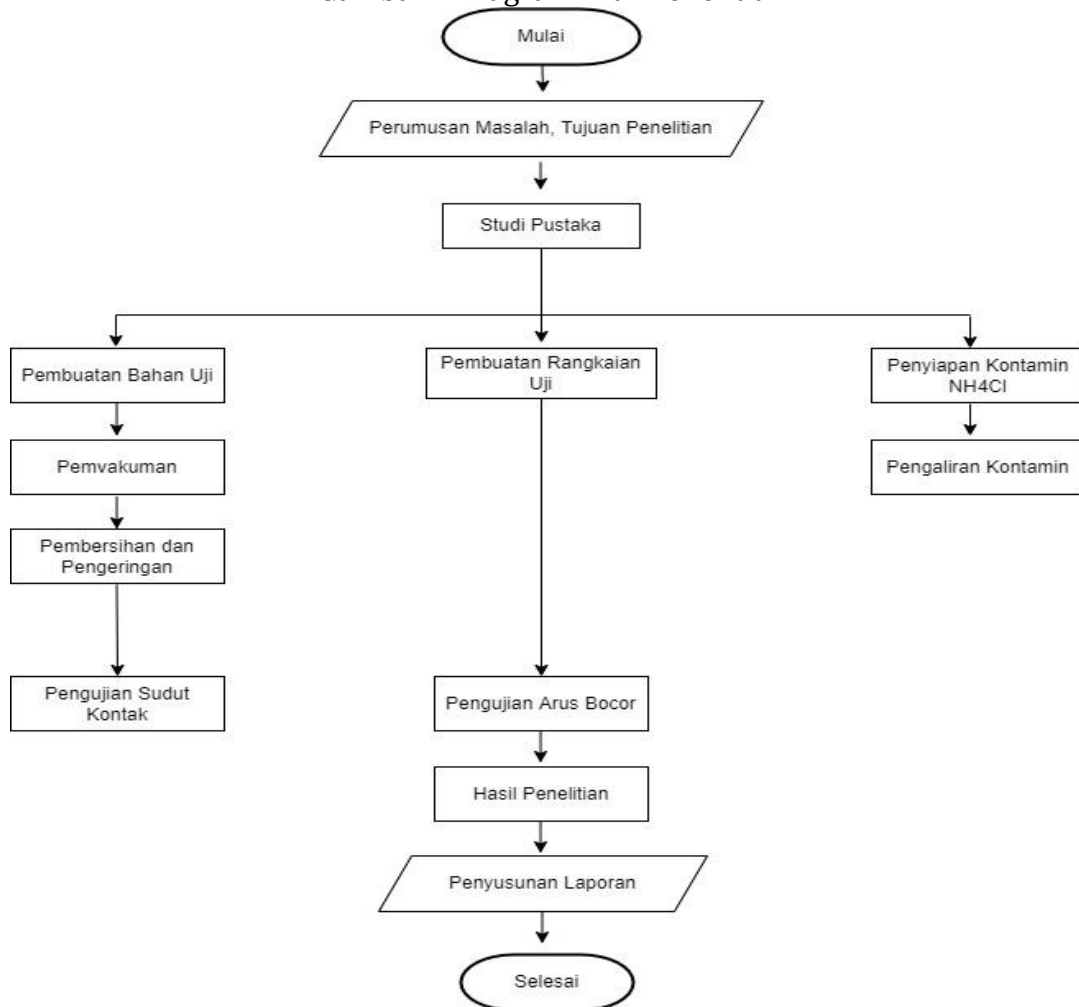
## METODE

Antara isolasi listrik dengan isolator listrik berbeda. Isolasi listrik merupakan sifat bahan yang dapat membagi secara elektris penghantar listrik bertegangan sehingga tidak menyebabkan kebocoran arus. Sedangkan isolator listrik merupakan alat yang tidak bisa menghantarkan arus listrik yang dipasang sebagai fungsi isolasi. Bahan isolasi yang baik untuk digunakan adalah bahan yang semakin tinggi kekuatan dielektrik. Suatu bahan isolasi yang baik harus mempunyai sifat tidak mudah menghilangkan energi mekanik karena gesekan, tingkat ketahanan isolasi tinggi, dan kekuatan menahan tegangan tinggi yang baik sehingga sifat hantarnya dapat ditiadakan. Pada umumnya polimer dikenal sebagai materi yang bersifat tidak dapat menghantarkan panas. Seiring berkembangnya penelitian, kini telah ditemukan berbagai polimer yang bersifat konduktif maupun semikonduktif. Meskipun dikenal memiliki sifat yang non-konduktif, tetapi polimer dapat dibuat menjadi bahan yang dapat menghantarkan panas atau konduktif dengan cara diberi tambahan karbon aktif

agar membentuk bahan komposit polimer karbon. Klasifikasi polimer berdasarkan ketahanan panas (thermal). Klasifikasi polimer dibedakan menjadi dua, yaitu : polimer termosetting dan polimer termoplastik.

Langkah – langkah yang harus dilaksanakan dalam melakukan penelitian dan pengujian dapat dilihat pada Gambar 1

Gambar 1 Diagram Alur Penelitian



Hal yang harus dipersiapkan sebelum melakukan penelitian adalah menyiapkan peralatan yang dibutuhkan, seperti alat untuk membuat bahan uji, mengukur sudut kontak, hingga peralatan untuk mengukur arus bocor. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari polimer resin epoksi, serbuk arang bonggol jagung, dan silane (lem kaca). Dalam polimer resin epoksi terdapat 2 jenis bahan yaitu DGEBA sebagai bahan dasar dan MPDA sebagai bahan pengeras. Penambahan pengisi arang bonggol jagung akan memperbaiki sifat fisik karakteristik dari isolator polimer. Silane (*silicon rubber*) lebih populer dibanding dengan bahan porselin / keramik dan jenis polimer

lainnya karena memiliki sifat hidrofobik yang tinggi, sehingga konduktivitas permukaan isolator tetap rendah dapat meminimalkan arus bocor. Sifat fisik bahan silane (*silicon rubber*) dapat diperbaiki dengan cara mencampurkan bahan pengisi seperti serbuk arang bonggol jagung. Berikut adalah variasi nilai konsentrasi dalam pembuatan bahan uji penelitian.

Tabel 1 Komposisi resin epoksi, silane, dan arang bonggol jagung

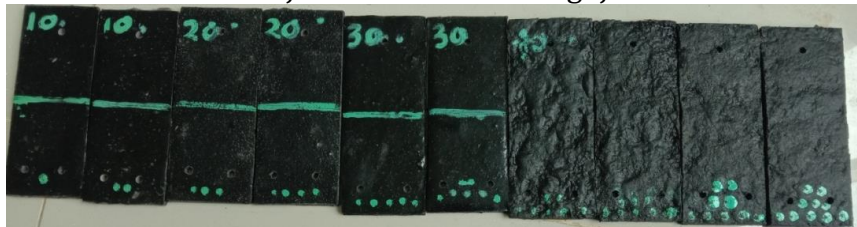
No	Kode RTV (Room Temperature Vulcanizing)	Komposisi campuran (%)			
		DGEBA	MPDA	Arang bonggol jagung	Silane
1	RTV 10	45 %	45 %	5 %	5 %
2	RTV 20	40 %	40 %	10 %	10 %
3	RTV 30	35 %	35 %	15 %	15 %
4	RTV 40	30 %	30 %	20 %	20 %
5	RTV 50	25 %	25 %	25 %	25 %

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Sudut Kontak

Pengujian sudut kontak dilakukan untuk memastikan sifat permukaan bahan isolasi resin epoksi, semakin besar nilai sudut kontak maka semakin baik sifat bahan untuk menahan air agar tidak kedalam bahan isolator. Contoh sampel uji dengan bahan pengisi arang bonggol jagung yang telah dicetak dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 Bahan Uji Isolator Untuk Pengujian Sudut Kontak



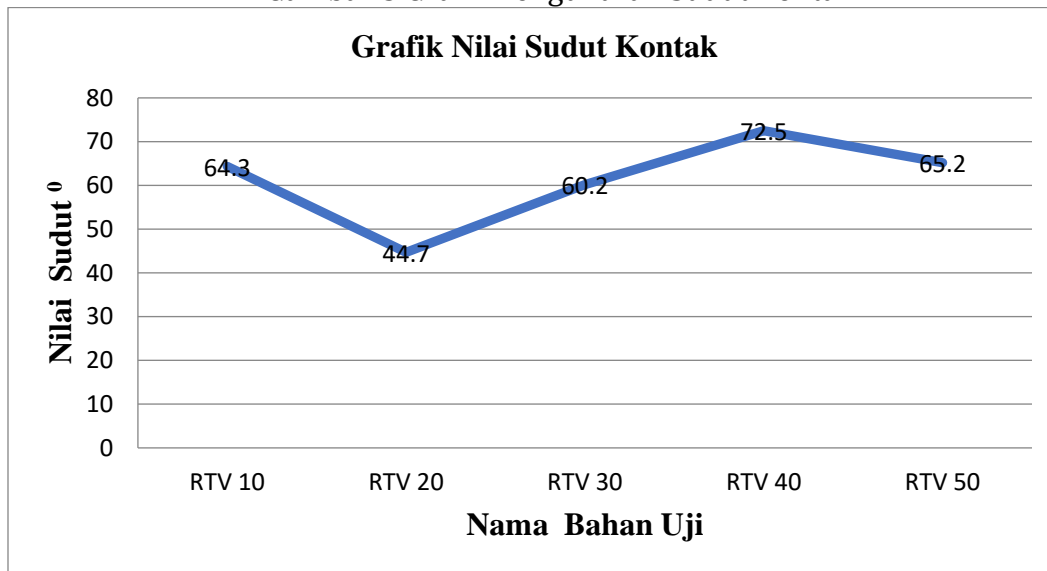
Pengujian sudut kontak dilakukan dengan cara meneteskan air sebanyak 50  $\mu$ l atau setara dengan 0.05 ml diatas permukaan bahan uji menggunakan pipet tetes. Kemudian amati dan foto partikel air yang berada di permukaan bahan uji menggunakan kamera digital. Selanjutnya mengolah hasil gambar menggunakan *software Image Pro Plus* untuk mengukur besar sudut kanan dan kiri pada gelembung air yang telah ditetaskan pada permukaan bahan uji.

Tabel 2 Hasil Pengukuran Pengujian Sudut Kontak

	Konsentrasi pengisi (%)	Bahan Uji	Sudut kontak ( $\theta^\circ$ )			
			Kiri	Kanan	Rata - rata	Terbaik
RTV 10	5	1	60,4	67,0	63,7	64,3
		2	64,3	64,3	64,3	

RTV 20	10	1	42,6	42,2	42,4	44,7
		2	43,7	45,7	44,7	
RTV 30	15	1	53,4	59,0	56,2	60,2
		2	59,0	61,3	60,2	
RTV 40	20	1	74,4	70,6	72,5	72,5
		2	65,1	66,0	65,6	
RTV 50	25	1	63,0	60,9	62,0	65,2
		2	64,5	65,9	65,2	

Gambar 3 Grafik Pengukuran Sudut Kontak



Berdasarkan tabel dan grafik pengukuran sudut kontak di atas, bahwa komposit resin epoksi yang digunakan pada penelitian bersifat *hidrophilic* (basah sebagian). Nilai sudut kontak dari 10 bahan uji berkisar antara 60,2<sup>o</sup> sampai 72,5<sup>o</sup>. Untuk mencari nilai hidrofobik (tidak basah) pada material resin epoksi, sudut kontak yang mendekati nilai 90<sup>o</sup> terdapat pada bahan uji berlabel RTV 40. Sifat hidrofobik pada material resin epoksi diperoleh dari pengisiannya yaitu *silane* yang memiliki karakteristik menolak air.

### 3.2 Hasil Pengujian Arus Bocor

Proses pengujian arus bocor dimulai dengan mempersiapkan semua alat dan bahan. Bahan uji diletakkan pada rangkaian yang telah disiapkan dengan kemiringan 45<sup>o</sup>, yang dijepit dengan elektroda atas dan bawah serta diberi kertas saring yang diberi 8 lapisan kertas pada elektroda atas. Kertas saring berfungsi sebagai tempat tetesan air agar air tidak langsung menetes pada bahan uji. Kecepatan air diatur pada alat pompa pristaltik dengan kecepatan 0,5 rpm dan juga air diberi tambahan polutan NH<sub>4</sub>Cl sebanyak 10% dari air. Dengan besar tegangan 3,5 Kv atau 3500 volt. Hasil pengujian

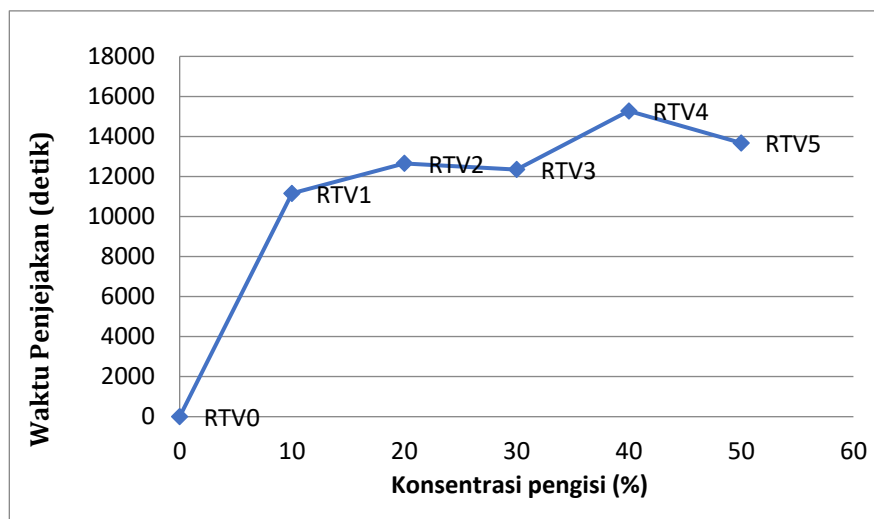
arus bocor ditunjukkan oleh data pada sistem aplikasi arduino yang hasilnya nanti diolah menjadi sebuah grafik atau gelombang.

Tabel 3 Hasil Pengujian Arus Bocor

Bahan Pengisi (%)	Waktu awal flashover (s)	Waktu Breakdown (s)	Waktu penjajakan (s)
10 %	1416	12572	11156
20 %	916	13573	12657
30 %	2357	14706	12349
40 %	1957	17231	15274
50 %	1657	15331	13674

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil waktu penjajakan dari tiap bahan uji. Dari grafik pada gambar, waktu penjajakan dipengaruhi oleh besarnya nilai konsentrasi pengisi komposit resin epoksi. Semakin banyak bahan pengisi, maka waktu penjajakan saat mulai awal flashover hingga breakdown akan semakin lama. Tetapi apabila nilai konsentrasi bahan pengisi sebesar resin epoksi, maka waktu penjajakannya pun akan mengalami penurunan. Waktu awal *flashover* adalah waktu dimana pertama kali terjadi percikan pada bahan uji saat dilakukan pengujian, sedangkan waktu *breakdown* adalah waktu yang terjadi dimana sampel atau bahan uji meledak dapat disebut waktu puncak terjadinya kebocoran arus. Kemudian waktu penjajakan adalah waktu yang diperoleh saat *flashover* hingga terjadi *breakdown*.

Gambar 4 Grafik hubungan antara konsentrasi pengisi dan waktu penjajakan

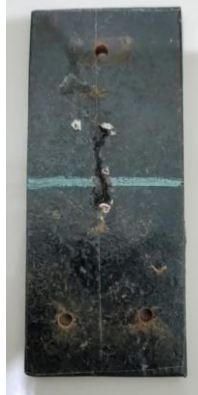


### 3.3 Hasil Degradasi Permukaan

Degradasi permukaan merupakan hasil secara fisik pada bahan uji yang telah mengalami kebocoran arus. Pada bahan uji yang telah dilakukan pengujian,

permukaannya akan mengalami erosi pada jalur karbon yang dialiri oleh polutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Hal tersebut dikarenakan terjadi pemanasan yang menyebabkan timbulnya percikan api. Degradasi menyebabkan kerusakan pada permukaan bahan uji karena membentuk jalur karbon secara permanen dan juga pengapuran. Hampir semua sampel akan mengalami kerusakan di jalur karbon bagian tengah. Jalur tersebut merupakan jalur yang terbentuk karena adanya aliran tetesan polutan.

Gambar 5 Degradasi Permukaan RTV 20



## KESIMPULAN

Dari semua sampel yang telah dilakukan pengujian baik pengujian sudut kontak maupun pengujian arus bocor, sampel dengan RTV 40 mempunyai kinerja yang optimal dibanding dengan sampel yang lainnya. Hal tersebut dapat diketahui dari hasil terbaik pada pengukuran sudut kontak dan waktu penajakan terlama saat pengujian arus bocor. Pada pengukuran sudut kontak RTV 40 memiliki sudut terbaik dengan nilai 75,2. RTV 40 dibuat dengan persentase konsentrasi bahan pengisi sebesar 20 % *silane*, 20% arang bonggol jagung, serta persentase resin epoksi sebesar 30% DGEBA dan 30% MPDA. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa semakin banyak bahan pengisi (*filler*) dapat menghasilkan sudut kontak yang semakin besar juga. Dibanding dengan RTV 50 yang memiliki kesamaan persentasi perbandingan antara bahan pengisi dan resin epoksi yaitu sebesar 25% akan mengakibatkan kejenuhan sehingga sudut kontak yang dihasilkan pun mengalami penurunan. Pada pengukuran arus bocor sampel dengan kode RTV 40 dengan bahan pengisi sebesar 40 % (20% *silane* dan 20% arang bonggol jagung) mempunyai kualitas yang terbaik diantara sampel yang lainnya. Karena sampel tersebut mampu bertahan dalam jangka waktu yang lama hingga terjadi kebocoran arus. Sehingga penambahan bahan pengisi komposit resin epoksi dapat memperlambat terjadinya degradasi pada permukaan bahan uji. Karena semakin tinggi persentase *filler* maka akan menjadikan jalur karbon pada permukaan bahan isolasi cenderung semakin tinggi juga. Bahan Uji yang ditetesi polutan  $\text{NH}_4\text{Cl}$  akan membentuk jalur karbon yang dapat menyebabkan degradasi pada permukaan bahan uji saat terjadi kegagalan isolasi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alam, Aji Suryo., Dkk. 2013. *Analisa Pengaruh Variasi dan Komposisi Bahan Pengisi Terhadap Unjuk Kerja Sampel Isolator Resin Epoksi Silane*. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang.
- Anggraini, Ika Novia. 2010. *Pengaruh Komposisi Bahan Isolator Resin Epoksi dengan Bahan Pengisi Silicone Rubber terhadap Proses Tracking dan Erosi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Arif Rahman Hakim, Muhammad. 2003. *Studi Pengaruh UV terhadap Karakteristik Bahan Isolasi Resin Epoksi Berpolutan Garam (NaCl) dengan Bahan Pengisi Pasir Silika dan Lem Silicon*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Cundari, Lia. 2014. *Pengaruh Penggunaan Solven Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) Terhadap Absorpsi CO<sub>2</sub> Pada Biogas Kotoran Sapi dalam Spray Column*. Ogan Ili : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Berahim, Hamzah. 2005. *Metodologi untuk Mengkaji Kinerja Isolasi Polimer Resin Epoksi Silane Sebagai Material Isolator Tegangan Tinggi di Daerah Tropis*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- November, Rudi Sayful. 2019. *Efektivitas Penambahan Serbuk Batu Alam Berkalsium Tinggi dan Silane Sebagai Pengisi Resin Epoksi untuk Isolator Listrik*. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Prasetyo, Moh Toni. 2013. *Efektifitas Penambahan Filler Pasir Berkalsium pada Bahan Isolasi Resin Epoksi dengan Pengujian Degradasi Permukaan*. Semarang: Media ElektriKA. Vol. 6 No. 1
- Syakur, Abdul., Dkk. 2012. *Unjuk Kerja Isolator 20 Kv Bahan Resin Epoksi Silane Silika Kondisi Basah dan Kering*. Semarang: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.