

Analisis Tegangan Tembus Dan Hidrofobisitas Isolator Nano Komposit Resin Epoksi Dan SiO₂

Amelya Indah Pratiwi
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Ichsan Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
amelyaindahpratiwi@gmail.com

Muhammad Asri
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Ichsan Gorontalo
Gorontalo Indonesia
asriarfah@gmail.com

Abdul samad yusuf
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Ichsan Gorontalo
Gorontalo Indonesia
abdulsamad@gmail.com

Diterima : Juni 2021
Disetujui : Juli 2021
Dipublikasi : Juli 2021

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tegangan tembus dan sifat hidrofobik dari isolator resin epoksi dengan dan tanpa bahan pengisi abu arang tongkol jagung. Penambahan bahan pengisi sebanyak 15 gram, 30 gram dan 45 gram abu arang tongkol jagung, DGEBA 100 ml, MPDA 50 ml. Metode pengujian tegangan tembus berdasarkan standar IEC 1109 dan metode pengukuran hidrofobisitas berdasarkan IEC 62073 yakni metode sudut kontak. Nilai Tegangan tembus tertinggi pada sampel SI00 (tanpa filler) kondisi kering bersih yakni sebesar 74,64 kV dan tegangan tembus terendah pada sampel SI45 kondisi kering bersih sebesar 17,81 kV. Penambahan jumlah sampel bahan pengisi hanya memperburuk tegangan tembus isolator. Sampel SI00, SI15, SI30, dan SI45 bersifat hidrofilik atau menyerap air. Penambahan bahan pengisi pada resin epoksi juga semakin membuat permukaan isolator menyerap air. Pada sampel dengan bahan pengisi 45 gram abu tongkol jagung sudah mengalami breakdown pada tegangan 17,81 kV sehingga tidak dilanjutkan untuk kondisi pengujian yang lain.

Kata Kunci: Tegangan Tembus; Hidropobisitas; SiO₂; Resin epoksi

Abstract This study aims to measure the breakdown stress and hydrophobic properties of epoxy resin insulators with and without corncob charcoal ash as filler. Addition of filler as much as 15 grams, 30 grams and 45 grams of corncob charcoal ash, 100 ml DGEBA, 50 ml MPDA. The breakdown voltage testing method is based on IEC 1109 standard and the hydrophobicity measurement method according to IEC 62073 is the contact angle method. The highest value of the breakdown voltage in the SI00 sample (without filler) is in the clean dry condition of 74.64 kV and the lowest in the SI45 sample in the clean dry condition is 17.81 kV. Increasing the sample size of the filler only exacerbates the breakdown voltage of the insulator. Samples SI00, SI15, SI30, and SI45 are hydrophilic or absorb air. The addition of fillers to the epoxy resin also makes the surface of the insulator absorb air. In the sample with 45 grams of corn cobs ash filler, it has been damaged at a voltage of 17.81 kV so that it cannot be used for other test conditions.

Key Words: breakdown voltage; Hydrophobicity; SiO₂; epoxy resin

I. PENDAHULUAN

Isolator adalah peralatan listrik yang digunakan sebagai penyekat antara penghantar yang bertegangan dengan tiang atau menara jaringan listrik. Bahan isolator yang banyak digunakan di Indonesia adalah keramik dan kaca. Kelebihan

dari kedua jenis bahan ini yakni sirkulasi panas yang baik, konduktivitas panasnya rendah, tidak korosif, keras dan kuat namun mempunyai rapat massa yang tinggi dan bersifat menyerap air (hygroscopic) sehingga mudah terjadi arus bocor pada permukaan yang dapat memicu terjadinya flashover pada tegangan yang lebih rendah.

Penggunaan isolator polimer menjadi alternatif dalam mengatasi kekurangan isolator keramik dan kaca. Pemakaian jenis isolator polimer pada jaringan distribusi dan transmisi sudah mulai digunakan beberapa tahun belakangan ini di Indonesia karena berbagai keuntungan yang diperoleh dibandingkan jenis isolator konvensional lainnya. Isolator polimer diketahui mempunyai rapat massa yang rendah, disipasi panas yang tinggi, biaya pembuatan yang lebih ekonomis[1][2].

Isolator pasangan luar memiliki kerentanan terhadap perubahan lingkungan seperti kelembaban dan kontaminasi pada permukaan isolator[3]. Beberapa penelitian isolator polimer menunjukkan kinerja yang baik pada kondisi normal namun seiring lamanya pemasangan isolator di luar ruangan menyebabkan penurunan tegangan tembus isolator akibat degradasi permukaan oleh radiasi ultraviolet[4][5]. Beberapa jenis isolator polimer yang banyak digunakan pada jaringan sistem tenaga yakni silicone rubber (SIR) dan resin epoksi. Jenis isolator polimer SIR memiliki karakteristik arus bocor yang lebih kecil dan stabil dibandingkan isolator keramik dan kaca pada berbagai kondisi tekanan iklim tropis buatan[6]. Selain besarnya ESDD[7], kelembaban, menurunnya nilai resistansi isolator juga disebabkan oleh kemampuan higroskopis dan daya rekat polutan pada permukaan isolator[8].

Hidropobisitas merupakan parameter penting yang harus dimiliki oleh material isolator. hidrofobik adalah sifat menolak atau anti air yang mana permukaan material dengan air akan terbentuk sudut lebih besar atau sama dengan 90⁰. Isolator yang memiliki sifat hidrofobik yang tinggi memiliki karakteristik tegangan flashover lebih baik dibandingkan permukaan yang bersifat hidrofilik atau gelas. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hidropobisitas permukaan isolator yakni kepadatan polutan, surface arcing, dan penuaan[9]. Berdasarkan IEC 62073 terdapat tiga metode

pengukuran hidropobisitas yakni metode sudut kontak, metode tegangan permukaan, metode penyemprotan.

Beberapa penelitian terkait isolator polimer dengan berbagai jenis bahan pengisi yang komposisinya divariasikan menunjukkan bahwa kenaikan komposisi bahan pengisi akan meningkatkan nilai tegangan tembus dan sudut hidrofobik isolator polimer namun kekuatan tarik dan tekannya akan menurun seiring bertambahnya komposisi bahan pengisi pada matriks utama [10][11]. Penelitian terdahulu sudah memberikan gambaran pengaruh komposisi bahan pengisi terhadap unjuk kerja isolator polimer namun apakah jenis bahan pengisi pada matriks utama memberikan pengaruh berbeda? Penelitian yang dilakukan [12] menggunakan bahan pengisi ATH pada isolator SIR mengemukakan bahwa dengan penambahan komposisi bahan pengisi akan memperkecil nilai sudut kontak permukaan isolator dengan permukaan tetesan air yang berarti sifat hidropobisitas permukaan isolatornya menurun. Penelitian oleh [13] dengan menggunakan abu sekam padi sebagai bahan pengisi pada matriks resin epoksi menghasilkan kualitas tembus tegangan isolator yang rendah dibandingkan isolator yang tidak menggunakan bahan pengisi abu sekam padi. Tetapi, secara mekanik bahan polimer resin epoksi semakin kaku/keras sehingga hanya memperbaiki sifat mekaniknya. Penelitian [14] menggunakan *filler* abu terbang batubara dengan persentase 30% mendapatkan sudut kontak isolator menurun dibandingkan isolator SIR dan Epoksi tanpa bahan pengisi. Beda halnya dengan penelitian yang dilakukan [15] dengan menggunakan pasir silika memperoleh hasil yang baik dimana degradasi akan semakin lama waktunya jika persentase silika semakin tinggi.

Adanya perbedaan hasil dari bahan pengisi yang berbeda menjadikan perlunya kajian yang lebih dalam mengenai jenis bahan pengisi yang paling baik dalam menunjang performa isolator polimer. Untuk menjawab pertanyaan tersebut, penelitian ini dilakukan agar diketahui performa dari isolator polimer yang ditambahkan bahan pengisi berupa abu tongkol jagung. Parameter yang diamati adalah tegangan tembus, dan sudut kontak isolator polimer dengan komposisi bahan pengisi 15 gram, 30 gram dan 45 gram dan membandingkannya dengan isolator polimer resin epoksi tanpa bahan pengisi. kemudian mengganti kontennya dengan hasil penelitian yang akan dituliskan dalam jurnal ini.

II. METODE

Metode Penelitian yang digunakan untuk mengetahui tegangan tembus isolator yakni dengan pengujian tegangan tinggi sesuai standar IEC 1109. Isolator komposit diuji pada kondisi kering bersih, kering berpolutan, basah bersih dan basah berpolutan dengan menerapkan tegangan tinggi AC secara bertahap sampai terjadi tembus tegangan pada sampel isolator komposit. Pengujian dilaksanakan di Laboratorium Tegangan Tinggi Universitas Negeri Gorontalo.

Metode yang digunakan untuk mengetahui sifat hidrofobik sampel isolator uji yakni dengan pengukuran sudut kontak permukaan isolator dan air yang ditetaskan pada permukaan menggunakan kamera dan kotak cahaya lalu foto gambar diolah menggunakan aplikasi autocad untuk menghitung sudut kontak. Penentuan sifat berdasarkan standar IEC 62073.

2.1 Objek dan variabel penelitian

2.1.1 Objek penelitian

Objek yang diteliti adalah isolator polimer resin epoksi berbahan pengisi abu tongkol jagung yang dibuat sendiri sebanyak 12 sampel dan dicetak pada wadah plastik. Sampel diberi kode berturut-turut SI00 yang tidak menggunakan bahan pengisi, SI15 kode sampel dengan bahan pengisi 15 gram abu tongkol jagung, SI30 kode sampel dengan 30 gram abu tongkol jagung. Adapun matriks utama yakni resin epoksi DGEBA sebesar 100 ml, dan bahan pengeras MPDA sebanyak 50 ml merk dagang resin epoksi RTV 1011(N).

2.1.2 Variabel yang diukur

Variabel yang diukur adalah tegangan tembus isolator dan sudut kontak permukaan isolator dengan tetesan air pada setiap sampel. Nilai tegangan tembus diperoleh dengan pengujian tegangan tinggi AC berdasarkan standar IEC 1109 dengan kondisi isolator kering bersih, kering berpolutan, basah bersih dan basah berpolutan. Polutan yang digunakan adalah NaCl 5 gram yang dicampur air 20 ml.

2.1.3 Alat dan bahan yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Wadah pencetak isolator dengan ukuran diameter 80 mm dan tinggi 50 mm
2. Gelas ukur
3. Alat pengaduk
4. Kertas wattman 40
5. Suntik ukuran 10 ml dan 20 ml
6. Korek api
7. Set peralatan dan alat ukur tegangan tinggi AC yang terdiri dari : trafo pengujian 100 kV, control desk, elektroda, dudukan isolator, kapasitor tegangan tinggi, Resistor, Ampermeter dan Voltmeter, peralatan grounding.
8. Kamera
9. Kardus
10. Senter
11. Timbangan
12. mistar
13. Laptop yang berisi program autocad untuk mengukur sudut kontak gambar.
14. Wadah untuk merendam isolator dengan larutan garam.

Bahan yang digunakan antara lain resin epoksi DGBA, pematangan MPDA, abu tongkol jagung, larutan garam.

2.1.4 Rancangan Penelitian

Setelah melakukan tinjauan pustaka dari berbagai jurnal penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini, langkah selanjutnya adalah pengumpulan alat dan bahan pembuatan isolator. Proses berikutnya yakni karbonasi tongkol jagung hingga menjadi debu. Kemudian barulah dicampurkan dengan bahan utama yakni resin epoksi dan dicetak pada wadah plastik ukuran diameter 80 mm dan tinggi 50 mm sebanyak 12 sampel. Isolator kemudian dikeringkan pada suhu ruang dengan kondisi tertutup rapat selama 1 x 24 jam. gelembung-gelembung yang muncul pada proses pembuatan dihilangkan dengan memanaskan permukaan adonan sampel isolator menggunakan korek api. Sampel yang dibuat terdiri dari :

1. Tiga sampel tanpa bahan pengisi dan diberi label SI00
2. Tiga sampel dengan 15 gram bahan pengisi abu tongkol jagung diberi label SI15
3. Tiga sampel dengan 30 gram bahan pengisi abu tongkol jagung dilabeli SI30.
4. Tiga sampel dengan 45 gram bahan pengisi abu tongkol jagung dilabeli SI45.

Sampel yang telah jadi disimpan pada ruang tertutup sampai pengujian berlangsung. Setelah kering sampel-sampel ditimbang dan diukur ketebalannya. Adapun pengujian yang dilakukan terdiri dari :

1. Pengukuran sudut kontak
2. Pengujian tegangan tinggi AC pada sampel isolator kondisi kering bersih, kondisi basah bersih, kondisi kering berpolutan, kondisi basah berpolutan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pencetakan sampel

Sampel isolator yang telah kering kemudian ditimbang beratnya dan diukur ketebalannya untuk membandingkan ukuran fisik antara sampel SI00, SI15, SI30, SI45. Hasilnya disajikan pada tabel 1 di bawah :

Tabel 1. Data Berat dan Tebal Sampel Isolator

Kode	Komposisi Sampel			Berat Rata-rata (gr)	Tebal Rata-Rata (mm)
	DGEBA (ml)	MPDA (ml)	Abu Tongkol Jagung (gram)		
SI00	100	50	0	150	30
SI15	100	50	15	157	35
SI30	100	50	30	182	40
SI45	100	50	45	172	45

B. Hasil Pengukuran Sudut Kontak

Pengukuran sudut kontak dimaksudkan untuk mengetahui apakah sampel bersifat hidrofobik (menolak air) atau hidrofilik (menyerap air). Pengukuran sudut kontak menggunakan sebuah kamera hp, senter sebagai pencahayaan dan kardus tempat dimana sampel disimpan. Sudut kontak yang diukur adalah sudut yang terbentuk antara permukaan sampel uji dengan sudut tetesan air pada permukaan sampel. jika sudut yang diukur melebihi 90 derajat berarti permukaan bahan tersebut bersifat menolak air (hidrofobik) dan jika sudut lebih dari 45⁰ dan kurang dari 90⁰ maka permukaan bahan disebut basah sebagian, dan jika <45⁰ maka permukaan bersifat menyerap air (hidrofilik)[13][14]. Pengukuran sudut menggunakan rumus :

$$= \frac{\text{sudut kontak kanan} + \text{sudut kontak kiri}}{2} \quad (1)$$

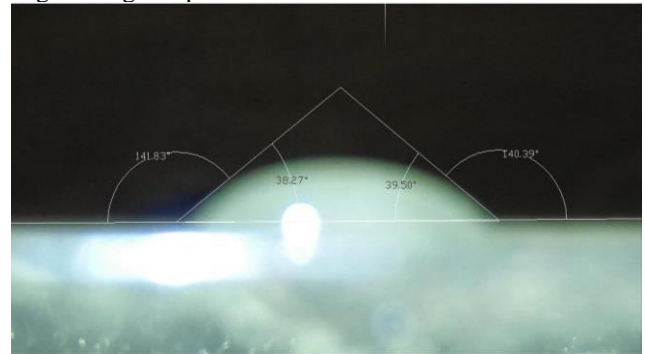
Hasil pengukuran sudut kontak pada masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel 2 di bawah :

Tabel 2. Sudut Kontak Permukaan Sampel Isolator

Kode	Sudut Kontak Kanan	Sudut Kontak Kiri	Sudut Kontak Permukaan
SI00	38,27	39,50	38,885
SI15	26,34	30,15	28,245
SI30	18,86	20,30	19,58
SI45	17,12	12,80	14,96

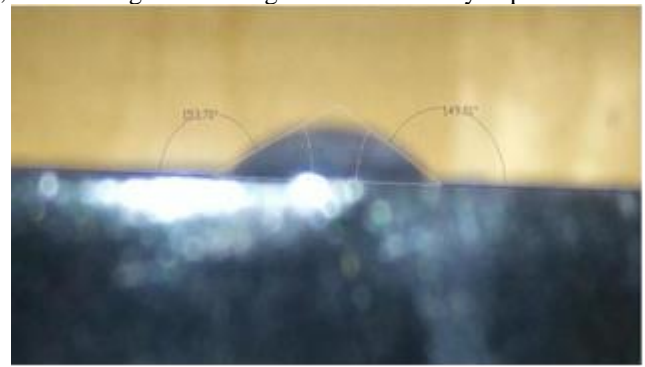
Terlihat dari tabel 2 di atas, sudut kontak terbesar yakni pada sampel SI00 tanpa bahan pengisi kemudian berturut-turut sampel SI15, SI30 dan SI45. Penambahan bahan pengisi

pada resin epoksi ternyata hanya mengurangi hidropobisitas permukaan sampel isolator. Gambar 1, 2, 3, dan 4 menunjukkan hasil pemotretan sudut kontak permukaan masing-masing sampel isolator.



Gambar 1. Sudut kontak Sampel SI00

Sampel SI00 (tanpa bahan pengisi) dengan hasil pengukuran sudut kontak rata-rata permukaan sebesar 38,885⁰ dikategorikan sebagai hidrofilik/ menyerap air.



Gambar 2. Sudut Kontak Sampel SI15

Pengukuran sudut kontak permukaan sampel SI15 sebesar 28,245⁰ yang berarti sampel ini juga dikategorikan hidrofilik.



Gambar 3. Sudut Kontak SI30

Pengukuran sudut kontak permukaan sampel SI30 yakni sebesar 19,58⁰ juga bersifat hidrofilik.



Gambar 4. Sudut Kontak SI45

Hasil pengukuran sudut kontak SI45 sebesar $14,96^{\circ}$, nilai sudut kontak sampel ini paling kecil diantara sampel lainnya, sampel SI45 paling hidrofilik

C. Hasil Pengujian Tegangan Tembus Isolator

Pengujian tegangan tembus sampel isolator dilakukan pada masing-masing sampel dengan kondisi kering bersih, kering berpolutan, basah bersih dan basah berpolutan. Setiap percobaan akan dilakukan sebanyak 3 kali pengujian pada setiap sampel dan setiap kondisi untuk mendapatkan nilai rata-rata tegangan tembusnya. Adapun hasil pada setiap kondisi pengujian disajikan pada tabel 3 di bawah :

Tabel 3. Nilai Tegangan Tembus Isolator Pada Setiap Kondisi Pengujian

Kode Sampel Isolator	Tegangan Tembus Isolator (kV)			
	(a) Kondisi Kering Bersih	(b) Kondisi Kering Berpolutan	(c) Kondisi Basah bersih	(d) Kondisi Basah berpolutan
SI00	74,64	34,96	40,49	32,56
SI15	46,80	30,41	33,11	29,63
SI30	50,67	39,69	40,68	35,24
SI45	17,81	-	-	-

Hasil pengujian tegangan tembus isolator pada ke-4 kondisi di atas menunjukkan penurunan nilai tegangan tembus isolator uji yang terkecil pada sampel SI45 yakni sampel dengan 45 gram abu tongkol jagung sebagai bahan pengisi resin epoksi pada kondisi kering bersih dan tegangan tembus tertinggi pada sampel tanpa bahan pengisi abu tongkol jagung (SI00) yakni $74,64$ kV. Sampel SI45 sudah mengalami breakdown pada tegangan $17,81$ kV sehingga pengujian pada kondisi kering berpolutan, basah bersih dan basah berpolutan tidak dapat dilanjutkan.

D. Pembahasan

Dari hasil pengukuran sudut kontak permukaan sampel isolator resin epoksi dengan dan tanpa bahan pengisi abu arang tongkol jagung menunjukkan adanya penurunan nilai sudut kontak permukaan sampel pada setiap kenaikan bahan pengisi yang digunakan pada bahan resin epoksi. Sudut kontak permukaan terbesar diperoleh pada sampel SI00 (tanpa bahan pengisi) yakni $38,885^{\circ}$ dan sudut kontak permukaan terkecil pada sampel SI45 (bahan pengisi abu tongkol jagung sebesar 45 gram) yakni $14,96^{\circ}$. Ketidaksesuaian hasil penelitian dengan teori yang dipaparkan di atas maupun penelitian terkait isolator polimer diprediksi akibat timbulnya gelembung-gelembung udara yang cukup banyak pada bahan sampel isolator selama proses pembuatan dan tetap tidak hilang sempurna meski telah diupayakan diberi panas api pada permukaan isolator sebelum mengering. Gelembung udara yang terbentuk memiliki tegangan tembus yang lebih rendah dari pada tegangan tembus bahan sampel isolator sehingga semakin banyak gelembung yang terbentuk maka akan mempercepat penurunan nilai tegangan sampel isolator.

Rendahnya nilai sudut kontak permukaan sampel isolator juga diprediksi karna bahan pengisi yang digunakan yakni abu tongkol jagung mengandung zat-zat lain selain SiO_2 (tidak dilakukan pemisahan pada abu dari zat-zat lain) yang harus dikaji apakah zat tersebut hidrofobik atau hidrofilik.

Demikian juga dengan hasil pengujian tegangan tembus isolator pada kondisi kering bersih, basah bersih, kering

berpolutan dan basah berpolutan pada setiap sampel uji yakni SI00, SI15, SI30, SI45 yang mana diperoleh nilai tegangan tembus terbesar pada kondisi kering bersih SI00. Dari tabel 3 dapat dilihat untuk masing-masing sampel dengan kondisi pengujian yang dilakukan mengalami penurunan tegangan tembus pada kondisi isolator yang terpapar kontaminan dan pada kondisi lembab/basah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian serta analisa data, maka dapat disimpulkan bahwa : 1). Bahan pengisi yang digunakan pada resin epoksi harus terlebih dahulu dilakukan pemisahan zat atau unsur lain yang terkandung pada abu tongkol jagung agar diperoleh silika murni sebagai bahan pengisi; 2). Timbulnya gelembung-gelembung udara pada bahan sampel selama proses pembuatan menyebabkan jeleknya kualitas isolator resin epoksi baik dengan dan tanpa bahan pengisi; 3). Sudut kontak dan tegangan tembus terkecil diperoleh pada sampel SI45; 4). Tegangan tembus isolator akan semakin menurun dengan penambahan bahan pengisi abu tongkol jagung; 5). Tegangan tembus terkecil pada setiap sampel diperoleh pada kondisi basah berpolutan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian Universitas Ichsan Gorontalo yang telah memberi dukungan materil sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terimakasih juga peneliti haturkan kepada Kepala Lab dan Teknisi Laboratorim Tegangan Tinggi Universitas Negeri Gorontalo yang telah membantu selama proses pengujian isolator juga seluruh civitas Akademik Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.

REFERENSI

- [1]. M. A. Diah, A. Syakur, dan Hermawan, "Analisis Pengaruh Sinar *Ultraviolet* Dan Komposisi *Fly Ash* Terhadap Unjuk Kerja Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi *Silicone Rubber* Dengan Variasi Injeksi Tegangan," *Jurnal Transmisi*, Vol. .19, No.4, 2017.
- [2]. Bakri , "Komponen Kimia Dan Fisik Abu Sekam Padi Sebagai SCM Untuk Pembuatan Komposit Semen," *Jurnal Perennial*, vol.5, No.1, Hal 9-14, 2008.
- [3]. A. Syakur, Yuningtyastuti, M. E. D. Setiaji, A. Aprianto, "Unjuk Kerja Isolator 20 kV Bahan Resin Epoksi Silane Silika Kondisi Basah dan Kering," *Jurnal Transmisi*, Vol.14, No.2, Hal 68-72, 2012.
- [4]. M. A. Diah, A. Syakur, dan Hermawan, "Analisis Pengaruh Sinar *Ultraviolet* Dan Komposisi *Fly Ash* Terhadap Unjuk Kerja Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi *Silicone Rubber* Dengan Variasi Injeksi Tegangan," *Jurnal Transmisi*, Vol. .19, No.4, 2017.
- [5]. Tumiran, A. Jaya, H. Berahim, and Rochmadi, "Accelerated Aging Effect on Epoxy-Polysiloxane-Rice Husk Ash Polymeric Insulator Material", *Jurnal Telkomnika*, Vol.10, No.4, pp.599-611, 2012.
- [6]. S. Manjang, "Karakteristik Isolator Polimer Tegangan Tinggi di Bawah Penuaan Tekanan Iklim Tropis Buatan yang Dipercepat," *J. Tek. Mesin SINERGI*, vol. 9, no. 1, pp. 23-37, 1970.
- [7]. Yasin mohamad Agung anwar1, L.M. Kamil amali, "ISOLATOR (Studi Kasus PLTU Molotabu)," *Pengaruh polutan Tak. terhadap ketahanan Isol. (Studi*

- Kasus PLTU Molotabu*), vol. 1, pp. 22–28, 2019.
- [8]. R. S. Steven, “Epoxy resin,” 2008.
- [9]. Z. Dong, Y. Fang, X. Wang, Y. Zhao, and Q. Wang, “Hydrophobicity classification of polymeric insulators based on embedded methods,” *Mater. Res.*, vol. 18, no. 1, pp. 127–137, 2015, doi: 10.1590/1516-1439.286414.
- [10]. T. Dermawan, E. Nuraini, and Suyanto, “Pengaruh komposisi resin terhadap sifat elektrik dan mekanik untuk bahan isolator tegangan tinggi,” *Issn 1411-1349*, vol. 13, pp. 8–16, 2012.
- [11]. A. S. Alam, A. Syakur, and A. Nugroho, “Analisa Pengaruh Variasi dan Komposisi Bahan Pengisi Terhadap Unjuk Kerja Sampel Isolator Resin Epoksi Silane,” vol. 2, no. 3, 2013.
- [12]. N. Yuniarti and A. N. Afandi, “Tinjauan sifat hidrofobik bahan isolasi silicone rubber,” *Tekno*, 1998.
- [13]. E. Endira, “Studi Kekuatan Dielektrik Pada Bahan Campuran Abu Sekam Padi Dengan Resin Epoksi”, *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, Vol.1, No. 1, 2013.
- [14]. Kitta, I., Manjang, S., Tjaronge, W., & Irmawaty, R. “Effect of coal fly ash filler in silicone rubber and epoxy resin as insulating material in wet environmental conditions”. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 2016.
- [15] Prasetyo, M, T., Berahim, H., Haryono, T., “Pengujian Sudut Kontak Pada Bahan Isolasi Resin Epoksi Dengan Pengisi Pasir Pantai Yang Mengandung Banyak Kalsium.” *Media Elekrika*, Vol. 5, No. 1, 2012.