

RANCANG BANGUN PROTOTYPE ISOLATOR POLIMER RESIN EPOKSI DENGAN PENGISI (FILLER) RICE HUSK ASH (RHA) DAN SILANE MENGGUNAKAN SISTEM PENGUJIAN KEKUATAN ELEKTRIK DAN MEKANIK

Pramana Djaya Samudra¹⁾, Moh Toni Prasetyo²⁾, Siswandari Noertjahjani³⁾

1)Program Studi S1 Rekayasa Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kedungmundu Raya No. 18 Kedungmundu Tembalang Semarang – 50273

e-mail : info@unimus.ac.id

ABSTRACT

Pemakaian bahan isolasi pada jaringan transmisi atau distribusi tenaga listrik menjadi sangat penting di era globalisasi dan kemajuan saat ini. Karena jenis bahan isolasi mempengaruhi kekuatan isolator, maka pemilihan bahan isolasi haruslah tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan isolator polimer yang lebih efektif. Penelitian ini menggunakan bahan dasar DGEBA (*Diglycidyl Ether of Bisphenol A*) dan MPDA (*Metaphenylene Diamine*) dan pengisi (*filler*) silane dan abu sekam padi atau RHA (*Rice Husk Ash*). Kandungan silika yang ada pada abu sekam padi ini yaitu 75,24%. Pada penelitian ini menganalisis sudut kontak, arus bocor, dan kekuatan mekanik tarik isolator. Penelitian ini menggunakan IPT (*Inclined Plane Tracking*) yang sesuai dengan standart IEC 587:1984 dengan menggunakan kontaminan NH₄Cl. Dari penelitian ini semakin besar pengisi (*filler*) pada isolator maka hasil sudut kontak isolator akan semakin besar. Pada hasil arus bocor semakin besar pengisi maka waktu penjejakan akan semakin tinggi. Pada hasil uji tarik menggunakan RTV 20 karena dari hasil uji arus bocor terbaik dengan waktu penjajakan paling lama. Hasil dari sudut kontak terbaik didapat pada RTV 20 dengan rata-rata 94,385°. Hasil waktu penjejakan polimer terbaik diperoleh RTV 20 dengan waktu 77.092 detik. Hasil tegangan tarik maksimal diperoleh RTV 20 sebesar 18.53 N/mm² (MPa). Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai optimal pada seluruh pengujian didapat pada kode sampel RTV 20 dengan komposisi DGEBA dan MPDA 30 gram dan *filler* abu sekam padi dan silane 20 gram dikarenakan mempunyai arus penjejakan tertinggi.

Kata kunci : Isolator, Abu Sekam Padi, Sudut kontak, Arus bocor, Uji tarik

ABSTRACT

The use of insulation materials in power transmission and distribution is increasingly vital due to globalization and technological progress. Since insulation material affects insulator performance, selecting the right material is crucial. This study focuses on developing effective polymer insulators using base materials DGEBA (Diglycidyl Ether of Bisphenol A) and MPDA (Metaphenylene Diamine), with silane and rice husk ash (RHA) as fillers. The RHA used contains 75.24% silica. The research examines the contact angle, leakage current, and tensile strength of the insulator. Tests followed the Inclined Plane Tracking (IPT) method based on IEC 587:1984 standards, with NH₄Cl as the contaminant. Results show that increasing filler content leads to a higher contact angle and longer tracking time for leakage current. RTV 20 was identified as the best-performing sample in multiple tests. It achieved the highest contact angle at 94.385°, the longest tracking time of 77.092 seconds, and the highest tensile strength of 18.53 N/mm² (MPa). RTV 20 consists of 30 grams of DGEBA and MPDA with 20 grams of RHA and silane filler. These findings indicate that RTV 20, due to its superior resistance to leakage current and high mechanical strength, is the optimal composition among the samples tested. This study highlights the potential of rice husk ash and silane fillers in enhancing polymer insulator performance.

Keywords: Insulator, Rice Husk Ash, Contact Angle, Leakage Current, Tensile Test

1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan tingkat produksi padi yang sangat tinggi dan menempati peringkat ketiga dunia. Kondisi ini menghasilkan limbah pertanian dalam jumlah besar, salah satunya adalah sekam padi. Sekam padi menyumbang sekitar 20 persen dari total limbah hasil proses penggilingan padi dan hingga saat ini pemanfaatannya masih belum optimal. Padahal, sekam padi memiliki kandungan silika yang cukup signifikan, yaitu sekitar 16 hingga 18 persen, sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif dalam pembuatan material isolator. Isolator merupakan komponen esensial dalam sistem tenaga listrik. Isolator berfungsi untuk memisahkan penghantar bertegangan agar tidak terjadi kebocoran arus atau lonjakan listrik antar penghantar. Keberadaan isolator sangat berpengaruh terhadap keandalan dan keselamatan sistem kelistrikan (Suryadi, 2017).

Sekam padi yang dibakar menghasilkan abu sekam padi atau Rice Husk Ash yang mengandung silika (SiO_2) dan karbon (C) dalam jumlah besar. Kandungan silika pada abu sekam padi dapat mencapai hingga 90 persen dari berat abu hasil pembakaran. Sifat silika yang memiliki ketahanan tinggi terhadap panas dan karakteristik listrik yang baik menjadikannya material yang menarik untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam berbagai aplikasi industri. Oleh karena itu, pemanfaatan silika dari abu sekam padi sebagai bahan baku alternatif mulai banyak dikaji (Taufik dan Putra, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik material isolasi yang optimal. Pengujian difokuskan pada sifat tahanan listrik dan kekuatan mekanik dari prototipe isolator polimer berbasis resin epoksi. Material pengisi yang digunakan berasal dari Rice Husk Ash hasil pemurnian yang mengandung silika, dengan penambahan silane sebagai agen pengikat. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan isolator polimer yang ramah lingkungan dan bernilai guna tinggi.

2. LANDASAN TEORI

Isolator

Isolator adalah bahan dielektrik yang digunakan untuk memisahkan konduktor bertegangan dengan kerangka penyangga yang dibumikan. Mereka berfungsi secara mekanik untuk menahan beban kawat saluran udara dan secara elektrik mengisolasi saluran yang bertegangan dengan menara atau saluran dengan saluran lainnya sehingga tidak terjadi kebocoran arus, korona, dan lompatan listrik baik melalui denyar (*flashover*) atau percikan (*sparkover*).

Tekanan yang disebabkan oleh tegangan pada material dikenal sebagai tekanan listrik. Kekuatan dielektrik suatu bahan isolasi menunjukkan kualitas isolator, yang akan digunakan untuk mendukung keseluruhan sistem tenaga listrik. Kekuatan dielektrik adalah faktor yang sangat penting untuk menentukan kualitas isolator yang akan digunakan untuk mendukung keseluruhan sistem tenaga listrik. Semakin tinggi kekuatan dielektrik suatu bahan isolasi, semakin baik isolator tersebut (Hasdiana, 2018).

Adapun fungsi utama isolator selain yang disebutkan di atas sebagai berikut :

1. Sebagai penyekat / pengisolasi antar kawat penghantar dengan bagian yang ditanahkan dan antar kawat penghantar.
2. Sebagai Pemikul beban mekanis yang disebabkan oleh berat kawat penghantar dan atau gaya tarik yang disebabkan oleh kawat penghantar.
3. Sebagai pembatas agar jarak antar kawat penghantar tetap.

Jenis – Jenis Isolator

Isolator Pin

Isolator Pin adalah komponen elektronik yang digunakan untuk mengisolasi kawat dari penyangga fisik, seperti pin atau tumpu pada listrik atau menara. Fungsi utama isolator pin adalah untuk mengisolasi kawat dari penyangga fisik, sehingga mencegah aliran arus listrik yang tidak diinginkan dan memastikan keselamatan sistem listrik. Isolator pin terbuat dari kaca atau porselen.

Isolator Suspensi

Isolator Suspensi digunakan dalam sistem distribusi daya 33kV dan terbuat dari bahan porselen dan terdiri dari satu atau lebih cakram (piringan) isolasi. Fungsinya adalah untuk mengisolasi kawat listrik dari penyangga fisik, seperti pin atau tumpu pada tiang listrik atau menara. Salah satu fungsi utama isolator suspensi adalah untuk menjauhkan kawat listrik mencegah aliran arus listrik yang tidak diinginkan dan memastikan keselamatan sistem listrik. Karena kekuatan mekaniknya yang tinggi resistansi listriknya yang tinggi, dan permitivitas relatifnya yang tinggi, isolator suspensi sangat cocok untuk digunakan dalam aplikasi listrik yang membutuhkan tingkat isolasi yang tinggi.

Isolator Cakram (*Disc*)

Isolator *Disc* (Cakram) adalah isolator yang banyak digunakan pada sistem transmisi dan distribusi listrik karena terbuat dari keramik, kaca atau sintetik yang memiliki ketahanan mekanik yang tinggi. Biasanya digunakan untuk memisahkan konduktor listrik secara elektrik dan memastikan keamanan sistem transmisi listrik karena memiliki kapasitas tegangan mulai dari 11 kV hingga 765 kV.

Cakram atau isolator *Disc* biasanya digunakan untuk memisahkan konduktor listrik pada jalur transmisi dan distribusi. Mereka juga digunakan kabel listrik karena desain yang kuat dan korosi yang lebih sedikit. Mereka juga digunakan untuk mempertahankan tegangan tinggi dalam beban tinggi dan banyak digunakan dalam sistem transmisi dan distribusi listrik.

Isolator Polimer

Isolator polimer adalah isolator yang terbuat dari susunan beberapa monomer membentuk suatu isolator sesuai dengan peruntukannya. Salah satu mengatasi kelemahan isolator keramik dan kaca adalah dengan menggunakan isolator polimer. Karena jenis isolasi polimer memiliki beberapa keuntungan dibandingkan jenis isolasi konvensional lainnya, jenis ini mulai digunakan dalam jaringan distribusi dan transmisi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir. Isolator polimer dapat memiliki intensitas curah yang rendah, pembuangan panas yang tinggi dan biaya produksi yang lebih rendah (Hasan Harun et al., 2023).

Resin Epoksi

Resin epoksi adalah hasil dari reaksi bahan dasar dan pengeras. Resin epoksi biasanya dibuat dari bahan dasar seperti DGEBA (*Diglycidyl Ether of Bisphenol A*) dan MPDA (*Meta Phenylenediamine*). Resin epoksi adalah jenis polimer yang terdiri dari campuran dua komponen yang berbentuk seperti kaca pada temperatur ruang yang memiliki kedap air yang tinggi dan sifat isolasi listrik yang baik (Anggraini, I. N. 2010).

Resin epoksi memiliki sifat isotropik dan kepekaan terhadap suhu yang tinggi. Sebagai bahan termoset, resin epoksi tidak dapat melelehkan atau diolah kembali setelah mengalami pengerasan karena atom-atomnya terikat sangat kuat satu sama lain, sehingga tidak memungkinkan terjadinya pergeseran rantai polimer. Sebelum pengerasan, resin epoksi berbentuk cairan kental seperti madu, namun setelah mengalami proses pengerasan, resin epoksi akan menjadi padat yang sangat getas dan kaku.

Silicone Rubber

Silicone rubber umumnya digunakan sebagai bahan isolasi kabel dan isolator tegangan tinggi karena ketahanannya terhadap suhu tinggi. Sifat dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan pengisi seperti pasir silika. Material ini dapat digunakan dengan aman dengan rentang suhu -55°C hingga 200°C , dan memiliki ketahanan yang baik terhadap ozon, korona, dan air. Selain itu, silicone rubber juga tahan terhadap alkohol, garam, minyak.

Rice Husk Ask (RHA)

Sekam padi pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar utama atau tambahan industri pembuatan bata dan sebagai media untuk menyemai bibit tanaman. Sebagai kecil abu dimanfaatkan abu gosok dan keperluan lainnya. Abu sekam padi (*Rice Husk Ash* atau RHA) dihasilkan dari pembakaran sekam padi pada suhu 500 hingga 700°C selama sekitar satu hingga dua jam.

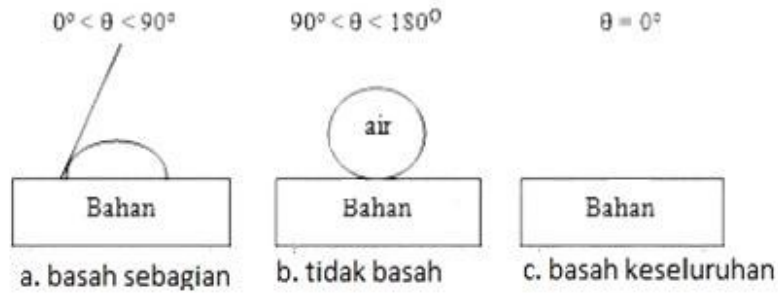
RHA yang mengandung kadar silika amorf yang tinggi. Abu sekam padi jika melalui proses pembakaran memiliki unsur kimia lainnya. Dalam penelitian ini dengan pembakaran dan sintering dengan suhu lebih dari 700°C dapat menghilangkan unsur lain yang ada pada sekam padi, Maka jika unsur lain menghilang silika yang didapatkan akan meningkat (Hasyim Asy'ari & Teknik, 2008).

Sudut Kontak Hidrofobik

Hidrofilik berasal dari kata hidro (air) dan filika (suka), yang berarti bahan yang dapat larut dalam air tetapi tidak larut dalam minyak. Sebaliknya hidrofobik adalah bahan yang tidak dapat larut dalam air tetapi dapat larut dalam minyak. Selain memiliki sifat menolak air (hidrofobik), Isolator polimer berbasis karet silikon memiliki kemampuan untuk memulihkan dan mentransfer sifat hidrofobiknya lapisan polusi sehingga lapisan polusi tersebut menjadi hidrofobik.

Sifat hidrofobik karet silikon memungkinkan material isolasi untuk mempertahankan kemampuan menolak airnya meskipun terpapar polusi. Fenomena ini terjadi karena reaksi yang melibatkan senyawa berat molekul rendah (BMR) yang bermigrasi ke permukaan material. Pengukuran sudut kontak dapat digunakan untuk mengevaluasi sifat hidrofobik dari material isolasi tersebut. Berdasarkan gambar tersebut, dapat diidentifikasi tiga kategori utama yaitu :

1. Bahan terhadap permukaan bahan isolasi kurang dari 30°.
2. Bahan bersifat sebagian hidrofobik(basah secara perlahan), memiliki sudut kontak cairan terhadap permukaan bahan isolasi antara 30° hingga 89°.
3. Bahan bersifat hidrofobik(menolak air), ditunjukkan dengan sudut kontak cairan terhadap permukaan isolasi lebih dari 90° (Agung et al., 2022).



Gambar 1. Sudut Kontak

Sudut kontak telah diklasifikasikan menjadi tiga kelompok oleh para peneliti, antara lain yaitu sudut di bawah 30° dianggap memiliki sifat hidrofilik (basah), kemudian sudut antara 30° - 89° dianggap sebagian basah (*partially wetted*) dan sudut di atas 90° dianggap sebagai hidrofobik (menolak air) (Prasetyo M.T et al, 2012).

Arus Bocor Pada Isolator

Pada permukaan isolator, dapat berbentuk lapisan konduktif yang disebabkan oleh polutan atau air hujan yang membasahnya. Jika permukaan isolator tetap bersih, lapisan konduktif tersebut tidak akan menyebabkan arus bocor. Namun isolator memiliki tahanan listrik yang tinggi, sehingga nilai tahanan akan menurun jika terkontaminasi oleh air atau polutan dan arus bocor arus mengalir melalui lapisan konduktif pada permukaan isolator yang sangat tebal menyebabkan penguapan pada beberapa area permukaan tersebut.

Penguapan ini menghasilkan pola kering (*dry band*) pada permukaan isolator. Ketika pola kering semakin meluas, akan menjadi peluahan muatan (*discharge*), dan *flashover* terjadi saat busur api melintas permukaan isolator. Analisis arus bocor (*leakage current*) dilakukan dengan mempertimbangkan, magnitudo, harmonisasi, durasi. Kinerja material isolasi secara keseluruhan sangat dipengaruhi oleh peluahan listrik. Oleh karena itu, identifikasi karakteristik arus bocor ini dapat digunakan untuk mendeteksi kegagalan isolator tinggi secara dini (Suparyanto dan Rosad, 2020).

Pengujian Mekanik Tarik ASTM D638-02a

Kekuatan tarik mengacu pada kemampuan material untuk menahan beban yang dikarekanakan untuk mengukur tegangan dan elastisitasnya dengan menarik sampel hingga pecah. Kekuatan tarik maksimum merupakan salah satu sifat penting dari material. Pengujian kekuatan tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik atau sesuai dengan standard pengujian universal. (Standar ASTM D 638-02).

3. METODE PENELITIAN

1. Bahan Penelitian

a. Bahan Utama

Filter menggunakan Abu Sekam Padi (RHA), menurut hasil uji dari Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang.

b. Bahan Dasar

Polimer resin epoksi menggunakan DGEBA (Diglycidyl Ether of Bisphenol A) sebagai bahan dasarnya dan MPDA (Metaphenylene diamine) sebagai pengeras.

c. Bahan Pengisi

Bahan pengisian filler menggunakan lem kaca, yang dikenal sebagai silane atau silicon Ruber.

d. Bahan Kontaminan

Polutan yang dipakai untuk menguji arus bocor dan sudut kontak adalah NH_4Cl (*ammonium chloride*).

Tabel 1. Komposisi Bahan Uji

No	Kode RTV (<i>Room Temperature Vulcanizing</i>)	Bahan Campuran (%/gram)			
		DGEBA (gram)	MPDA (gram)	Pasir Pantai (gram)	Silane (gram)
1.	RTV 5	45	45	5	5
2.	RTV 10	40	40	10	10
3.	RTV 15	35	35	15	15
4.	RTV 20	30	30	20	20
5.	RTV 25	25	25	25	25

2. Peralatan Penelitian

Alat – alat yang diperlukan untuk pembuatan bahan uji meliputi cetakan kaca, mangkuk stainless untuk mencampur bahan, sendok untuk pengadukan, kompor untuk memanaskan resin, amplas untuk merapikan permukaan bahan uji, dan timbangan digital untuk menimbang bahan.

- Seperangkat alat cetak bahan uji Cetakan kaca, mangkuk stainless, timbangan digital, sendok, bor pengaduk sampel.
- Seperangkat alat untuk mengukur sudut kontak, Kamera, tripot, meja, gelas plastik, pipet, air polutan NH_4Cl .
- Seperangkat alat untuk mengukur arus bocor Elektroda atas, elektroda bawah, support 45° , pompa peristaltik, transformator, multimeter, resistor seri, laptop.
- Seperangkat alat untuk mekanik tarik *Universal testing machine*.

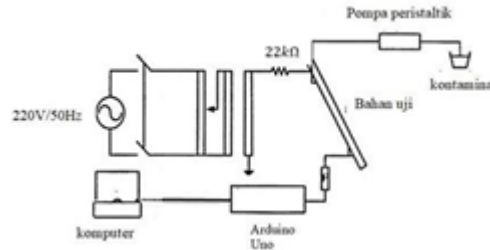
3. Langkah Penelitian

Langkah Penelitian Sudut Kontak

- a. Menyiapkan Alat dan Bahan
Siapkan alat dan bahan seperti yang sudah dijabarkan pada pembahasan sebelumnya untuk melakukan sudut kontak.
- b. Meletakkan Sampel uji dan Kamera hp di Tempat yang Telah Disiapkan Letakkan sampel uji kemudian hidupkan kamera hp, untuk posisi sampel uji dan kamera hp diletakkan sampai kamera hp permukaanya terlihat lurus.
- c. Meneteskan Cairan Polutan Pada Permukaan Sampel Uji
- d. Meneteskan air pada permukaan sampel uji sebanyak 50 menggunakan pipet tetes.
- e. Melakukan Pemotretan tetesan polutan Pemotretan tetesan polutan ini dilakukan menggunakan kamera hp.
- f. Mengelola Hasil foto Menggunakan *Software Image Pro Plus* Pengolahan hasil foto menggunakan *software image pro plus* agar dapat mengetahui besar sudut kontak yang terbentuk.
- g. Menghitung Sudut Terbaik yang diperoleh Perhitungan Sudut terbaik yang diperoleh dilakukan menggunakan rumus yang telah ada.

Langkah Penelitian Arus Bocor

- a. Pasangkan elektroda tegangan tinggi dan grounding (pertanahan) seperti letak sampel uji yang telah dilubangi.
- b. Atur kecepatan pompa peristaltik dengan kontaminan NH_4Cl pada kecepatan 0,3 ml/menit kemudian alirkan kontaminan menuju permukaan komposit resin epoksi melalui kertas saring yang telah dijepit di antara sampel uji dan elektroda atas bertegangan tinggi.
- c. Menghubungkan elektroda dengan tegangan tinggi menuju pembangkit tegangan tinggi AC 3,5 kV kemudian hubungkan elektroda grounding (pentanahan) dengan alat pengukuran.
- d. Gunakan aplikasi arduino sebagai pengukur arus bocor yang telah diinstall pada laptop.
- e. Lakukan pencatatan hasil pengukuran dan bandingkan hasil pada tiap pengujian.
- f. Mengolah hasil pengujian menggunakan microsoft excel agar didapatkan grafik yang terbentuk.



Gambar 2. Rangkaian Pengujian Standar IEC 587 : 1984

Langkah Penelitian Uji Mekanik Tarik

- Menggambar Pola Spesimen Pembentukan pola spesimen dengan cara menggambar pola spesimen pada permukaan isolator sesuai dengan standar ASTM D 638-02.
- Memotong Sampel Pemotongan isolator dengan cara mengikis sedikit demi sedikit menggunakan pisau katek hingga membentuk pola spesimen.
- Menghukuskan Permukaan Setelah pemotongan selesai haluskan permukaan isolator yang baru dipotong sehingga memiliki permukaan yang rata.
- Pengujian Mekanik Tarik Pengujian mekanik tarik dikajukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang.

4. HASIL PENELITIAN

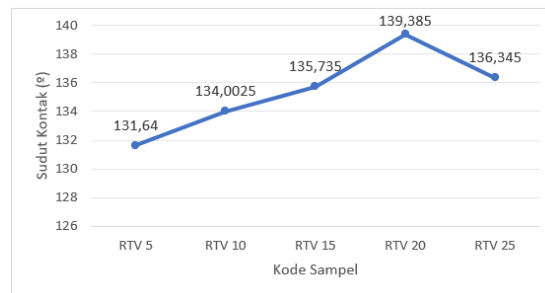
A. Hasil Pengukuran Sudut Kontak

Setelah melakukan proses pembuatan sampel uji sebagaimana yang telah diuraikan pada BAB III, langkah berikutnya yaitu melaksanakan pengujian sudut kontak pada sampel-sampel tersebut. Terdapat lima buah sampel yang dibuat menggunakan pengisi dari abu sekam padi dan silane, yang diberi nama RTV (*Room Temperature Vulcanizing*). Penamaan setiap sampel berdasarkan nilai presentase komposisi *filler* 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, atau bisa dinamakan RTV 5, RTV 10, RTV 15, RTV 20, RTV 25.

Pengujian sudut kontak dilakukan dengan memberikan tetesan air kontaminan menggunakan pipet sebanyak 50 μ l atau setara dengan 0,05 ml pada permukaan sampel. Langkah selanjutnya adalah pengambilan gambar menggunakan kamera. Untuk mengukur sudut kontak, digunakan aplikasi *Image Pro Plus*. Aplikasi ini digunakan untuk menentukan besarnya sudut kanan dan sudut kiri dari tetesan air yang berada di permukaan sampel uji. Hasil pengukuran sudut kontak pada sampel uji isolator resin epoksi dengan pengisi abu sekam padi dan silicone rubber dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. hasil Sudut Kontak

Kode Sampel	Waktu Penyinaran	Sudut Kontak(°)		
		Kiri	Kanan	Rata-Rata
RTV 5	5%	157,9	105,4	131,6
RTV 10	10%	164,2	103,8	134
RTV 15	15%	159,4	112,1	135,7
RTV 20	20%	161	117,8	139,4
RTV 25	25%	162	110,7	136,3

**Gambar 3.** Grafik Sudut Kontak

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa penambahan pengisi silane akan meningkatkan sifat hidrofobik secara signifikan, bahkan dapat memulihkan dan mempertahankan sifat hidrofobiknya. Hal ini memungkinkan material untuk tidak membentuk lapisan air yang berkelanjutan dalam kondisi lembap, sehingga konduktivitas permukaan isolator tetap rendah. Pada kode sampel RTV 20 mengalami penurunan sudut kontak.

Berdasarkan dari hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa untuk penambahan pengisi (*filler*) silane dan abu sekam padi pada isolator polimer resin epoksi berpengaruh terhadap sifat hidrofobik.

B. Hasil Pengukuran Arus Bocor

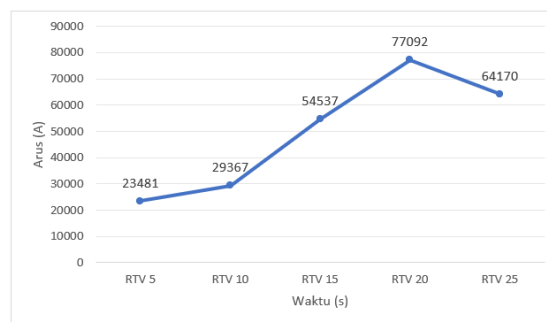
Pengujian dilakukan menggunakan peralatan yang disebut IPT (*Inclined Plane Tracking*). Dalam percobaan ini, sampel diposisikan dengan kemiringan 45° dan dialiri kontaminan berupa cairan NH₄Cl melalui kertas saring dengan 8 lapis bertujuan untuk mencegah kontaminan jatuh langsung pada permukaan sampel dan memastikan kontaminan mengalir secara merata dari elektroda atas ke elektroda bawah, dengan laju 0,3 ml/menit. Tegangan sebesar 3,5 kV diterapkan melalui elektroda yang ditempatkan di bagian atas dan bawah sampel.

Hasil pengujian arus bocor ditampilkan dalam bentuk data Excel yang diperoleh dari aplikasi Arduino yang akan mengeluarkan data berupa detik, tegangan dan arus.

Tabel 3. Hasil Pengujian Arus Bocor

Kode Sampel	Pengisi (<i>Filler</i>)	Waktu <i>Discharge</i> (Detik)	Waktu Sebelum <i>Breakdown</i> (Detik)	Waktu Penjajakan (Detik)
RTV 5	5%	1	23482	23481
RTV 10	10%	501	29868	29367
RTV 15	15%	1	54538	54537
RTV 20	20%	1	77093	77092
RTV 25	20%	1	64171	64170

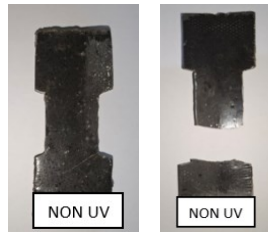
Bedasarkan Tabel 3 hasil pengujian dan pengamatan, diperoleh waktu penjajakan rata-rata untuk setiap konsentrasi pengisi resin epoksi. Waktu penjajakan sebagai selisih antara waktu *breakdown* dan *discharge*. Dari hasil yang didapatkan masih belum mencapai waktu yang di butuhkan / standar dibandingkan dari penelitian sebelumnya yang jauh lebih baik dan mendapatkan waktu penjajakan yag lama/panjang sehingga bisa sesuai dengan standar yang dibutuhkan. Hubungan antara waktu penjajakan rata-rata dan nilai konsentrasi komposit resin epoksi dapat dilihat pada gambar.

**Gambar 4.** Grafik Waktu Penjajakan

Dari gambar 4 menunjukkan peningkatan waktu penjajakan dari RTV 5 sampai RTV 20, meskipun ada penurunan di akhir. Waktu penjajakan terlama diperoleh RTV 20 dengan waktu penjajakan 77092 detik yang diakibatkan perubahan karakteristik material dimana semakin baik nilai komposisi pengisi maka semakin baik nilai penjajakannya.

C. Hasil Pengukuran Mekanik Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk menguji kekuatan tarik mekanis suatu material dengan memberikan beban gaya dalam arah berlawanan. Pengujian ini dilakukan dengan cara membentuk sampel uji sesuai dengan standar pengukuran uji tarik, kemudian spesimen dijepit dengan penjepit yang ada pada mesin penguji, selanjutnya sampel uji ditarik secara perlahan sampai benda tersebut mengalami patahan atau putus.

**Gambar 5.** Spesimen Uji Mekanik Tarik**Tabel 4.** Hasil Pengujian Spesimen Mekanik Tarik

Specimens	Area (mm ²)	Max Force (N)	0.2% Y.S (N/ mm ²)	Yield Strength (N/ mm ²)	Tensile Strength (N/ mm ²)	Elongation (%)	Young's M(E) (N/ mm ²)
RTV 20	100.000	1853.2	7.79	18.53	18.53	9.47	261.156

Pada pengujian mekanik tarik ini menggunakan sampel uji RTV 20 karena berdasarkan waktu penjejakan RTV 20 adalah sampel terbaik, maka pengujian mekanik hanya berfokus pada sampel uji RTV 20 dengan hasil pengujian yang tertera pada tabel 4 yang menunjukkan hasil *Max Force* 1.853,2 N

5. KESIMPULAN

Setelah dilakukannya penelitian dan pembahasan diperoleh hasil data yang telah diolah, sehingga dapat disimpulkan:

1. Hasil dari pengukuran sudut kontak pada RTV 5, RTV 10, RTV 15, RTV 20 dan RTV 25 Dengan *Filler Rice Husk Ash* (RHA) didapatkan hasil terbaik yaitu pada RTV 20 yang memiliki sudut kontak 139,385° dan terendah pada RTV 5 dengan sudut kontak 131,64°.
2. Seiring dengan penambahan pengisi abu sekam padi dan silane mempengaruhi kenaikan dan penurunan terhadap waktu penjejakan polimer. Pada penelitian ini didapatkan hasil tertinggi diperoleh RTV 20 dengan waktu penjejakan pada detik ke 77092, sedangkan pada RTV 25 mengalami kejenuhan sehingga waktu penjejakan menurun pada detik ke 64170.
3. Hasil dari penelitian ini menunjukkan nilai optimal pada seluruh pengujian didapat pada kode sampel RTV 20 dengan komposisi DGEBA dan MPDA 30 g dan filler abu sekam padi dan silane 20 g dikarenakan mempunyai arus penjejakan tertinggi. Pada isolator ini dapat diaplikasikan pada indor maupun outdoor yaitu isolator jenis bushing yang dimana isolator ini biasanya tidak dirancang atau diuji khusus untuk kekuatan tarik, isolator bushing dirancang dan diuji untuk

menahan tegangan listrik tinggi dan memastikan isolasi listrik yang efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, W., Amiruddin, R., Manjang, S., & Kitta, I. (2022). Polimer Silicone Rubber. *Jurnal EKSITASI*, 1(2), 2022.
- Bakar, R. A., Yahya, R., & Gan, S. N. (2016). Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk. *Procedia Chemistry*, 19, 189–195.
- Darmadi, A. C., Kholistianingsih, K., & Yulianto, P. (2023). Analisis Tahanan Isolasi Pada Isolator Porselin Dan Polimer Terhadap Polutan Garam Di Gistet 500 Kv Adipala Cilacap. *Teodolita: Media Komunikasi Ilmiah Di Bidang Teknik*, 23(2),
- Darwis, D., Khaeroni, R., & Iqbal, I. (2017). Pemurnian dan Karakterisasi Silika Menggunakan Metode Purifikasi (Leaching) dengan Variasi Waktu Milling pada Pasir Kuarsa Desa Pasir Putih Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 6(2), 187–193.
- E. Indra. (2013). Studi Kekuatan Dielektrik Pada Bahan Campuran Abu Sekam Padi Dengan Resin Epoksi. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura (Jurnal Untan)*, 1(1), 4.
- Hasan Harun, E., Kurniawan Putra Otaia, R., & Ilham, J. (2023). Perbandingan Tegangan Tembus Dan Kuat Tekan Isolator Resin Epoksi Menggunakan Pasir Sungai Bolango Gorontalo Dan Pasir Silika Sebagai Filler. *Journal Of Renewable Energy Engineering*, 1(1), 1–5.
- Jaya, A., Berahim, H., Tumiran, & Rochmadi. (2011). The hydrophobicity improvement of high voltage insulator based on epoxy polysiloxane and rice husk ash compound. *Proceedings of the 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics, ICEEI 2011, July*.
- Prasetyo, M. T. (2022). *Surface Degradation Analysis on Epoxy Resin Polymer Insulation Materials with Bamboo Leaf Ash , Silane , Vinyl Silane Fillers for Electrical Insulators*. 1(November), 116–125.
- Rahmatullah, Bahri, S., Ginting, Z., Suryati, & Nurlaila, R. (2022). Pengaruh Suhu Dan Waktu Pembakaran Terhadap Kadar Silika Dari Abu Sekam Padi. *Seminar Nasional Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh (SNFT)*, 2012, 64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.
- Indah, A. (2020). Karakteristik Dielektrik Isolator Polimer Resin Epoksi Berbahan Pengisi Abu Tongkol Jagung. *Electrician*, 14(2), 40–45.