

Analisis Pemanfaatan Pemurnian *Rice Husk Ash* (RHA) yang Mengandung Silika dengan Metode *Furnace* dalam Pembuatan Bahan Isolator Polimer *Resin Silane*

Analysis of the Utilization of Purification of Rice Husk Ash (RHA) Containing Silica by Furnace Method in Making Silane Resin Polymer Insulator Material

Nurmalita Indah Pramuningtyas, Moh Toni Prasetyo, Radiktyo Nindyo Sumarno

Program Studi Rekayasa Elektro, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding author : nurmalitaindah26@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengatasi potensi sekam padi sebagai bahan isolator listrik, memanfaatkan kandungan silikanya yang tinggi (16-18%). Sekam padi menyumbang dari limbah pertanian hasil penggilingan padi. Tujuan penelitian ini untuk mengukur kandungan silika sebelum dan sesudah proses furnace, menganalisis pengaruh proses furnace terhadap sudut kontak campuran isolator, menguji pengaruh proses Rice Husk Ash (RHA) terhadap arus bocor, dan membandingkan resistansi bahan sebelum dan sesudah furnace. Metode yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental dengan pengujian morfologi menggunakan SEM EDX dan elektrik menggunakan IPT sesuai standar IEC 587:1984. Hasil menunjukkan bahwa proses pemurnian meningkatkan kandungan silika sekitar 10% (dari 77,75% menjadi 86,67%). Sampel memiliki sifat hidrofobik yang baik, dengan sudut tertinggi mencapai 109,13° pada RTV 20. Pengujian arus bocor menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi pengisi resin epoksi memperlama waktu penjejakan. Dengan peningkatan waktu penjejakan sebesar 27% setelah proses pemurnian. Kesimpulannya, abu padi hasil pemurnian efektif sebagai bahan isolator, dengan peningkatan kandungan silika berpengaruh berpengaruh positif terhadap ketahanan isolasi dan kemampuan menghambat arus listrik. Penelitian ini memberikan wawasan baru tentang pemanfaatan limbah pertanian.

Kata Kunci : Proses furnace, Sudut kontak, Arus bocor, Hidrofobik

Abstract

This research addresses the potential of rice husk as an electrical insulator material, utilizing its high silica content (16-18%). The purpose of this research is to measure the silica content before and after the furnace process, analyze the effect of the furnace process on the contact angle of the insulator mixture, test the effect of the Rice Husk Ash (RHA) process on the leakage current, and compare the resistance of the material before and after the furnace. The method used is quantitative experimental with morphological testing using SEM EDX and electrical using IPT according to IEC 587: 1984 standard. The results showed that the refining process increased the silica content by about 10% (from 77.75% to 86.67%). The sample has good hydrophobic properties, with the highest angle reaching 109.13° at RTV 20. Leakage current testing showed that increasing the filler concentration prolonged the trapping time, with a 27% increase in trapping time after the refining process. In conclusion, the refined rice ash is effective as an insulator material, with an increase in silica content having a positive effect on insulation resistance and the ability to inhibit electric current. This research provides new insights into the utilization of agricultural waste as an effective and environmentally friendly electrical insulator material.

Keywords : Furnace process, Contact angle, Leakage current, Hydrophobicity

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Indonesia negara penghasil padi terbesar ketiga didunia menghasilkan banyak limbah pertanian. Sekam padi, yang potensinya belum dimanfaatkan sepenuhnya menyumbangkan 20% dari limbah pertanian yang dihasilkan dari penggilingan padi. Sekam padi memiliki kandungan sekam padi memiliki kandungan silika cukup tinggi,

sekitar 16-18% sehingga sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan isolator.

Isolator adalah komponen penting sistem tenaga listrik yang semakin populer ini digunakan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar atau kawat listrik yang bertegangan sehingga tidak terjadi lompatan listrik antara mereka (Suryadi, 2017).

Pada sistem tenaga listrik, berbagai jenis isolator digunakan termasuk isolator gas, isolator cair dan isolator padat. Pada umumnya peralatan tegangan tinggi menggunakan isolator pada dimana porselen (keramik) dan kaca digunakan, yang keduanya memiliki kelebihan konduktivitas panas yang rendah, tahan korosi, kuat, dan keras. Namun kelemahan mekanis bahan isolator keramik dan gelas adalah beratnya dan permukaannya yang menyerap air (hidrofilik), akibatnya arus bocor (*flashover*) lebih mudah terjadi (Indah, 2020).

Dalam penggunaannya isolator polimer lebih ringan dan memiliki mekanik tinggi. Isolator polimer adalah produk lebih hemat daripada isolator polimer, desain isolator polimer umumnya memungkinkan perangkat dipasang atau diganti dengan mudah. Resin epoksi adalah salah satu dapat digunakan sebagai isolator pasangan luar dalam bidang ketenaga listrikan. Resin epoksi digunakan dalam industri kimia, mekanik, dan sipil sebagai perekat, cat pelapis percetakan kabel, dan benda cetakan ini polimerisasi adisi pada pemanasan dengan adanya katalis amonia (E. Indra, 2013).

Sekam padi atau abu sekam yang dihasilkan dari pembakaran mengandung jumlah silika (SIO₂) dan karbon (C) yang cukup besar. Kandungan silika pada sekam padi dapat mencapai hingga 90% dari berat padi yang dibakar. Karena banyaknya manfaat dan ketahanan yang ditawarkan silika, penggunaan silika sebagai bahan dasar atau bahan baku dalam industri mulai dipertimbangkan belakangan ini (Taufik, A., & Putra J, 2013).

Penelitian ini berguna untuk mengetahui bahan isolasi yang baik Pada penelitian ini melakukan analisis pemanfaatan pemurniaan *Rice Husk Ash* (RHA) yang mengandung silika dengan metode Furnace dalam pembuatan bahan isolator polimer resin epoksi silane.

2. Tinjauan Pustaka

Sebelum melalui penelitian, penulisan telah mempelajari literatur tentang subjek “Analisis pemanfaatan pemurnian RHA (Rice Husk Ash) dengan metode *furnace* untuk pembuatan bahan isolator polimer resin epoksi silane”. Jurnal-jurnal berikut digunakan sebagai referensi penulisan.

Penelitian Rohani Abu Bakar mengenai tentang *Production of High Purity Amorphous silica from Rice Husk Ash*. Penelitian ini terlepas dari pencucian asam, sekam padi yang tidak tertindih dan yang terlindung dengan asam mengalami penurunan berat awal antara 50°C dan 150°C. Penurunan berat sebesar 1 hingga 2 persen terjadi, menunjukkan hilangnya air dan zat mudah menguap lainnya. Pada suhu 10°C hingga 350°C, komponen sekam padi yang tidak stabil mulai terurai. Selulosa terurai pada suhu 275°C hingga 350°C. Sekam padi yang tertindih dengan asam sulfat menunjukkan

stabilitas termal yang lebih baik. Penurunan berat 26 dan 31 persen mungkin disebabkan dekomposisi lignin, polimer aromatik yang stabil secara termal yang terjadi secara bertahap antara 370°C dan 600°C. Sisa abu terutama terdiri dari silika yang tidak mudah terbakar (sekitar 16 persen, pada suhu di atas 600°C). Silika yang tertindih dengan asam menunjukkan struktur amorf sempurna pada pembakaran di bawah 900°C (Bakar et al., 2016).

Penelitian Darmawati Darwis mengenai tentang Pemurnian dan Karakteristik silika menggunakan metode purifikasi (*latching*) dengan variasi waktu milling pada pasir kurus desa pasir putih Kecamatan Pamona Selatan Kabupaten Poso. Penelitian ini ketika sampel pasir kurus yang telah digiling dimurnikan pada interval waktu yang berbeda, senyawa pengotor dalam sampel terlarut ke dalam larutan, menghasilkan perubahan warna abu-abu ke putih. Pasir kurus yang diperoleh melalui metode pemurnian ini memiliki silika 99,90%, sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk panel surya. Selain itu, pemurnian pasir kurus menggunakan metode purifikasi (*leaching*) dengan variasi waktu penggilingan (*milling*) telah terbukti dapat meningkatkan kemurnian silika (Darwis et al., 2017).

Penelitian Yuditirajab Harun mengenai tentang Karakteristik dielektrik isolator polimer resin epoksi berbahan pengisi tongkol jagung. Penelitian ini nilai tegangan *flashover* pada isolator polimer resin epoksi dengan komposisi *filler* 30% lebih tinggi daripada komposisi *filler* 15%. Karakteristik dielektrik isolator polimer resin epoksi dengan bahan abu tongkol jagung 30 % lebih baik daripada komposisi 15%. Namun, penambahan bahan pengisi abu tongkol jagung, baik 15% maupun 30% menyebabkan penurunan tegangan *flashover* dibandingkan dengan isolator polimer tidak menggunakan bahan pengisi (Indah, 2020).

Penelitian Rahmatullah mengenai tentang pengaruh suhu dan waktu pembakaran terhadap kadar silika dari abu sekam padi. Penelitian ini dalam pengujian XRF menemukan zat SiO² (silika) pada suhu abu sekam padi sebesar 27,2% pada suhu oven 700°C dan waktu oven 6 jam. Nilai kadar air tertinggi adalah 4% pada suhu oven 700°C dan waktu oven 3 jam, dan kadar air terendah adalah 80, 4% pada suhu 650°C dan waktu oven 4 jam. Nilai kadar air terendah adalah 1% pada suhu oven 550°C dan waktu oven 3 jam. Hasil spektrum infra merah menunjukkan bahwa silanol (Si-OH), siloksan (Si-O-Si) adalah gugus fungsional yang ditemukan pada silika sekam padi (Rahmatullah et al., 2022).

3. Dasar Teori

a. *Furnace* (Pembakaran Suhu Tinggi)

Kamus Oxford mendefinisikan *furnace* (tungku) sebagai sebuah ruang tertutup yang digunakan untuk pemanasan dengan api, terutama untuk melelehkan logam atau memanaskan air. Untuk mencapai temperatur proses yang lebih tinggi daripada di udara terbuka, tujuan utama *furnace* untuk mencampinya. *Furnace* juga dapat digunakan untuk menampung reaksi kimia yang kompleks atau beberapa

proses fisika sederhana, seperti annealing (pelunakan logam) atau drying (pengeringan), (Tambunan, 2017).

b. Pelarutan

Pelarutan abu sekam padi dengan asam sulfat adalah cara untuk menghilangkan pengotor dari abu sekam padi dan meningkatkan kualitas silikanya. Pelarutan ini memiliki gabungan antara asam sulfat dan air mineral.

c. Sintering

Istilah inggris “sintering” berasal dari kata jerman “sinter”, yang berarti “terak” atau “kerak”. *Sintering* adalah proses menghasilkan material dari serbuk melalui pemanasan hingga terbentuk ikatan antar partikel. *Sintering* merupakan pengikatan bersama antar partikel pada suhu tinggi (Setiyanto, 2019).

Proses ini terjadi ketika material atau spesimen dipanaskan hingga mendekati titik leburnya, membuat partikel saling mengikat meningkatkan densitas. Pada tahap *sintering*, tungku (*furnace*) atau alat pemanas digunakan dengan suhu sintering yang ditetapkan dan waktu tahan (*holding time*) selama 90 menit (Zawawi et al., 2021).

d. Isolator Polimer

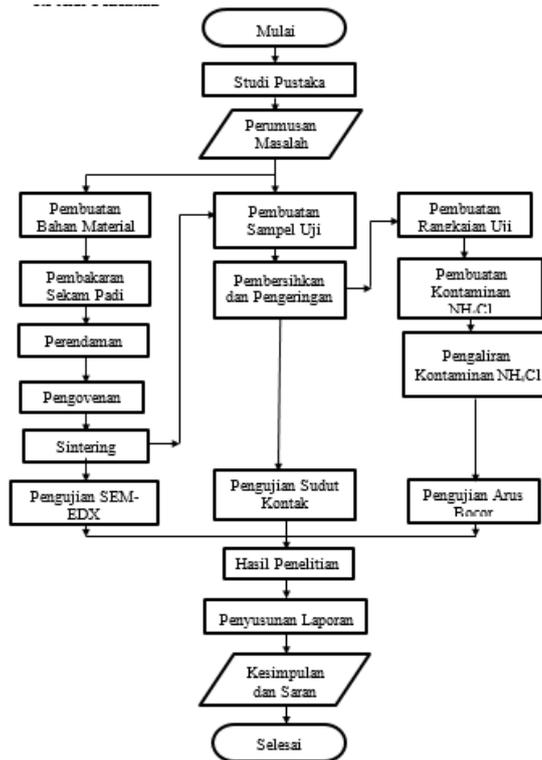
Sesui dengan fungsinya, isolator polimer terdiri dari susunan beberapa monomer yang membentuk isolator. Salah satu mengatasi kelemahan isolator keramik dan kaca adalah dengan menggunakan isolator polimer. Karena jenis isolasi polimer memiliki beberapa keuntungan dibandingkan jenis isolasi konvensional lainnya, jenis ini mulai digunakan dalam jaringan distribusi dan transmisi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir. Intensitas curah yang rendah, pembuangan panas yang tinggi dan biaya produksi yang rendah adalah semua manfaat isolator polimer.

METODE

1. Metode Penelitian

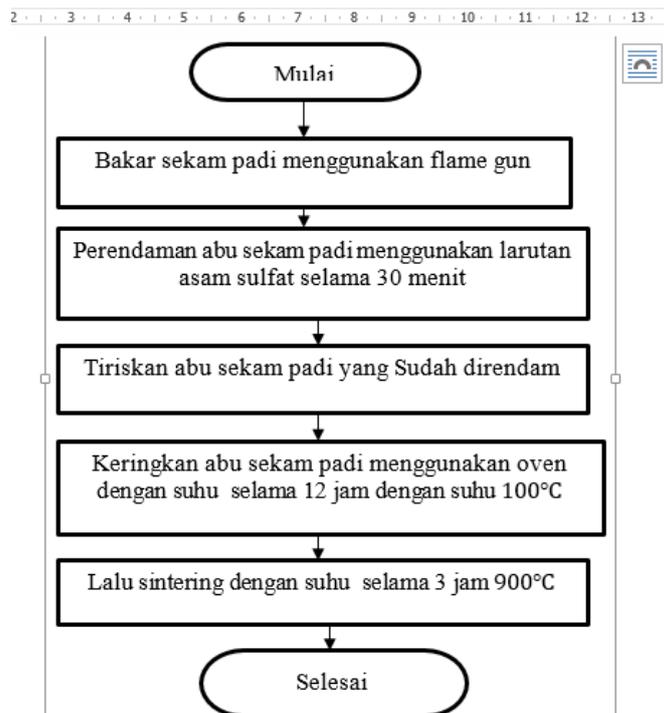
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, jenis metode penelitian kuantitatif yang digunakan yaitu eksperimental. Metode eksperimental adalah suatu metode untuk mengetahui pengaruh adanya perlakuan terhadap subjek penelitian.

Pada penelitian eksperimental ini akan dilaksanakan di laboratorium dilakukan berupa pengujian morfologi kandungan unsur kimia dengan menggunakan metode SEM EDX (*Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray*) dan pengujian sifat listrik menggunakan metode IPT (*Inclined Plane Tracking*) sesuai standar IEC 587:1984.



2. Metode Pemurnian

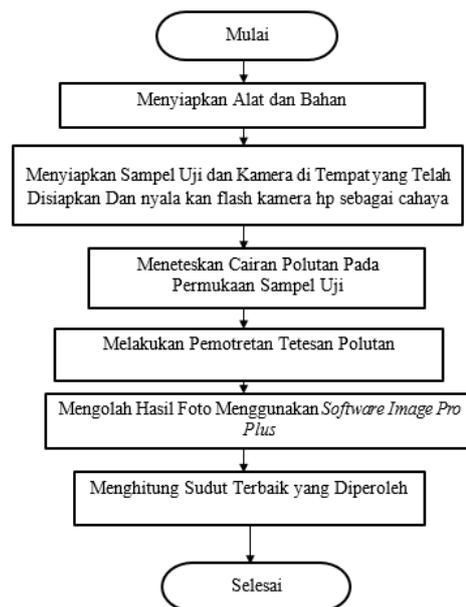
- a. Proses pembakaran sekam padi
- b. Proses perendaman larutan dengan asam sulfat
- c. Proses peovenan abu sekam padi
- d. Proses Sintering.



3. Metode Hidrofobik

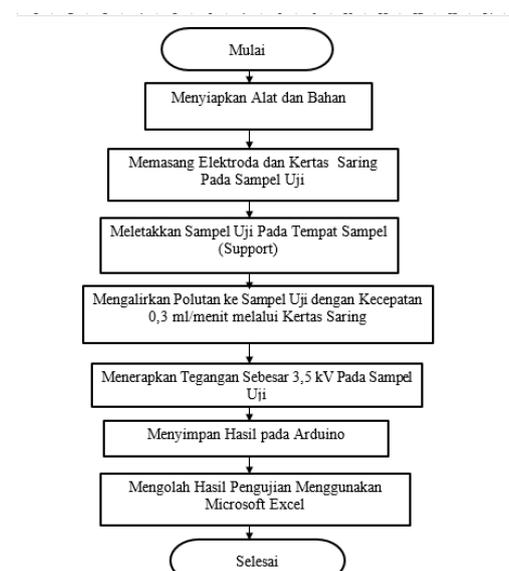
Meletakkan Sampel uji dan Kamera hp di Tempat yang Telah Disiapkan Letakkan sampel uji kemudian hidupkan kamera hp, untuk posisi sampel uji dan kamera hp diletakkan sampai kamera hp permukaanya terlihat lurus.

- a. Meneteskan Cairan Polutan Pada Permukaan Sampel Uji
- b. Melakukan Pemotretan tetesan polutan
- c. Pemotretan tetesan polutan ini dilakukan menggunakan kamera hp.
- d. Mengelola Hasil foto Menggunakan *Software Image Pro Plus*.
- e. Menghitung Sudut Terbaik yang diperoleh.



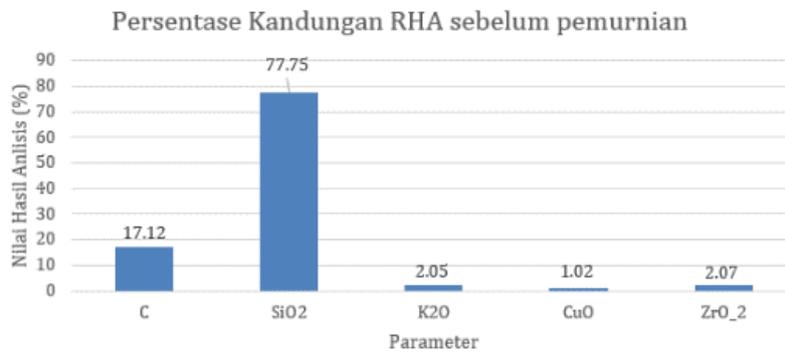
4. Metode Arus Bocor

Melalui proses erosi dan *Incline Plane Tracking* (IPT) yang terjadi dari sampel uji isolator polimer resin epoksi yang telah terkontaminasi akan menghasilkan suatu arus bocor.

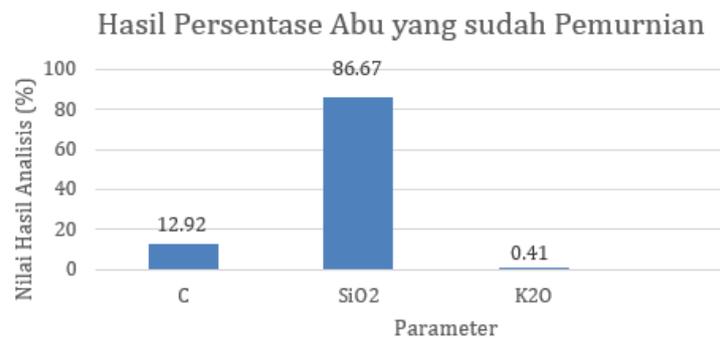


HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil dan Pembahasan Pengujian SEM-EDX



Abu yang dihasilkan melalui proses pembakaran menggunakan flame gun masih belum sempurna. Abu tersebut masih mengandung campuran senyawa seperti Karbon (C), Kalium Oksida (K₂ O), Tembaga Oksida (CuO), dan Zirkonium oksida (ZrO₂). Untuk menghilangkan senyawa –senyawa yang masih terkandung, dilakukan proses pemurnian. Proses ini bertujuan menghilangkan senyawa –senyawa tersebut dan meningkatkan persentase silika.



Proses pemurnian terbukti efektif dalam meningkatkan konsentrasi SiO₂ (silika) dan mengurangi unsur-unsur lain. Kandungan SiO₂ dari 77.75% menjadi 86.67% menunjukan bahwa pemurnian berhasil memfokuskan pemekatan silika. Kandungan silika dalam abu yang telah dimurnikan meningkat sekitar 8.92% dibandingkan dengan abu sebelum pemurnian.

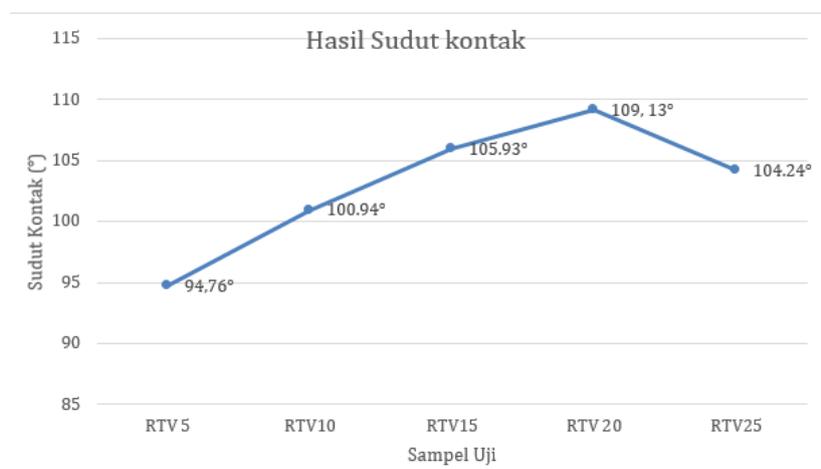
2. Hasil dan Pembahasan Sudut Kontak

Kode Sampel	Konsentrasi RHA	Sudut Kontak				
		Sampel	Kiri	Kanan	Rata-Rata	Terbaik
RTV5	5%	1	98,84	90,68	94,76	94,76
		2	70,24	69,14	69,69	
RTV 10	10%	1	103,27	98,61	100,94	100,94
		2	86,28	88,43	87,35	
RTV 15	15%	1	105,82	106,05	105,93	105,93
		2	71,64	88,71	80,17	
RTV 20	20%	1	106,27	111,99	109,13	109,13

		2	102,00	105,25	103,05	
RTV 25	25%	1	104,38	104,10	104,24	104,24
		2	80,24	92,19	86,21	

Pengukuran sudut kontak masing- masing sampel uji di atas , terlihat variasi nilai sudut kontak antar sampel. RTV 5 memiliki sudut kontak terkecil sebesar $94,76^\circ$, sedangkan RTV 20 memiliki sudut kontak terbesar sebesar $109,13^\circ$.

Untuk menentukan sampel mana yang memiliki sifat permukaan yang baik, data hasil pengukuran sudut kontak diatas diolah menjadi grafik garis. Permukaan sampel uji yang memiliki sifat hidrofobik dengan sudut kontak antara 90° dan 150° dianggap sebagai permukaan isolator yang baik.

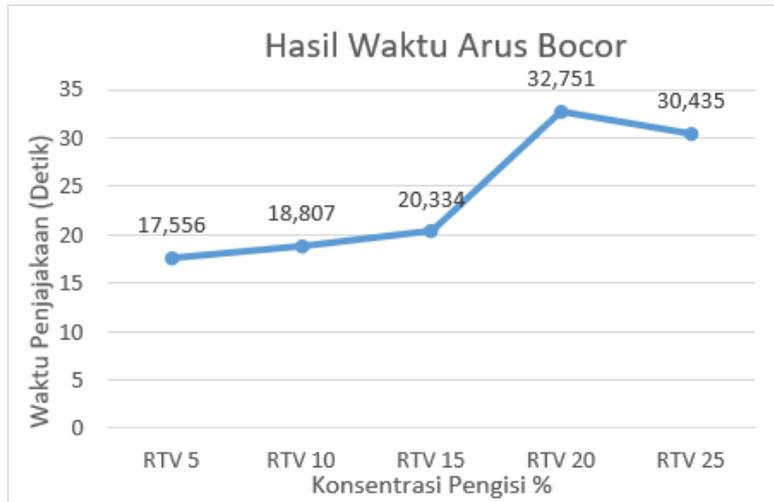


Dari kesimpulan hasil uji sudut kontak dalam penelitian ini cukup baik karena sampel memiliki sifat hidrofobik, dengan nilai sudut melebihi 90° . Peningkatan konsentrasi silika pada RTV berpengaruh pada peningkatan sudut kontak, dengan sudut kontak tertinggi mencapai $109,13^\circ$ pada RTV 20. Namun, terjadi penurunan sudut kontak pada RTV 25 menjadi $104,24^\circ$. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh adanya porositas dalam sampel, yang sehingga mengurangi efek hidrofobik permukaan.

3. Hasil dan Pembahasan Pengujian Arus Bocor

Kode Sampel	Filler RHA (%)	Waktu awal Discharge	Waktu Sebelum Breakdown	Waktu Penjejakan
RTV 5	5	148	17704	17556
RTV 10	10	4	18811	18807
RTV 15	15	5	20339	20334
RTV 20	20	6	32757	32751
RTV 25	25	8	30443	30435

Waktu penjejakan bervariasi dengan RTV 5 menunjukkan waktu penjejakan tercepat. Sementara RTV 20 menunjukkan waktu penjejakan terlama hingga mengalami kejenuhan. Hasil pengujian arus bocor ini menampilkan waktu berbagai konsentrasi filler resin epoksi.



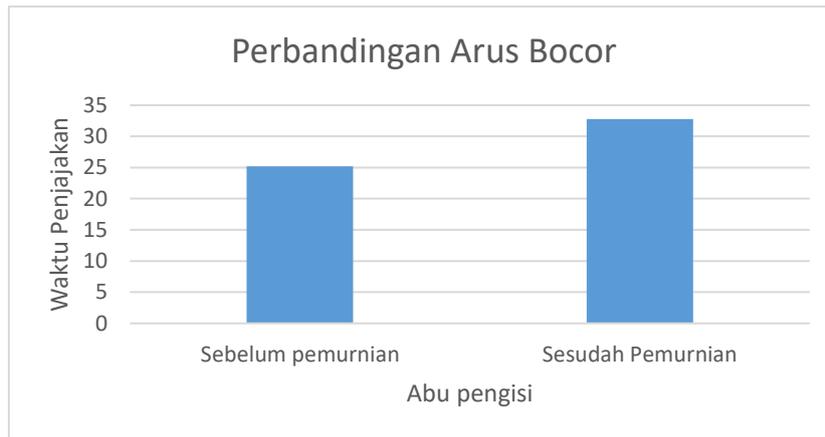
Hasil pengujian arus bocor telah dilakukan digunakan untuk menghitung waktu penjajakan masing – masing bahan uji. Seperti yang ditunjukkan pada grafik diatas, konsentrasi pengisi komposit resin epoksi mempengaruhi breakdown, meningkat konsentrasi maka akan memperlama waktu penjajakan.

Sama besar dengan resin epoksi yang terdapat pada RTV 25. Waktu awal discharge merupakan waktu pertama kali terjadi percikan pada bahan uji saat melakukan pengujian, Sedangkan waktu breakdown merupakan waktu yang terjadi ketika bahan uji meledak dan dapat disebut sebagai waktu puncak terjadinya arus bocor. Pada penelitian ini, pengujian tidak sampai waktu puncak karena hanya dibatasi sampai jarak ½ cm sampai elektroda atas. Waktu penjajakan didapatkan dari saat discharge hingga terjadinya sebelum breakdown.

4. Hasil dan Perbandingan Resistansi Terbaik

Kode Sampel	Waktu Discharge	Waktu Sebelum Breakdown	Waktu penjajakan
RTV 20 Sebelum Pemurnian	6	25718	25172
RTV 20 Sesudah Pemurnian	6	32757	32751

Menyimpulkan bahwa bahan dengan pengisi abu yang sudah melalui pemurnian memiliki waktu penjajakan lebih lama dibandingkan bahan dengan abu yang belum dimurnikan. Dalam tabel tersebut, penjajakan terlama adalah abu sesudah melalui pemurnian dengan waktu 32.751 detik, sedangkan abu yang belum dimurnikan memiliki waktu penjajakan 25.172 detik.



Waktu penjajakan sesudah pemurnian menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan sampel sebelum pemurnian. Secara spesifik, waktu penjajakan meningkatkan dari 25.172 detik sebelum pemurnian menjadi 32.751 detik sudah pemurnian, menunjukkan peningkatan sebesar 7.579 detik atau sekitar 30%.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- a. Hasil pengujian SEM EDX menunjukkan, kandungan terdapat pada abu sebelum pemurnian adalah 77,75% sedangkan kandungan silika abu sudah melalui proses pemurnian adalah 86,67%. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa proses pemurnian efektif dalam meningkatkan kandungan silika, dengan peningkatan sekitar 8,92% dibandingkan dengan abu sebelum pemurnian.
- b. Hasil pengujian hidrofobik menunjukkan, Peningkatan kosenentrasi silika pada RTV berpengaruh pada peningkatan sudut kontak. Dengan sudut kontak tertinggi mencapai 109,13° pada RTV 20, terjadi penurunan sudut kontak pada RTV 25 menjadi 104,24°. Penurunan ini disebabkan adanya porositas dalam sampel sehingga mengurangi hidrofobik.
- c. Hasil pengujian arus bocor menunjukkan, nilai konsentrasi 5% memiliki waktu penjajakan rendah, sedangkan nilai konsentrasi 15% ke 20 % memiliki peningkatan yang cukup drastis. Sementara itu, dari nilai konsentrasi 20% ke 25% terjadi sedikit penurunan waktu penjajakan, yang menunjukkan sedikit penurunan kinerja.
- d. Dari hasil perbandingan, terjadinya peningkatan waktu penjajakan 30% (dari 25,172 detik menjadi 32,751 detik) setelah proses pemurnian. Sampel yang telah dimurnikan menjadi bahan isolasi yang lebih baik dibandingkan bahan isolasi yang belum dimurnikan. Peningkatan kandungan silika berpengaruh terhadap ketahanan bahan isolasi dan kemampuannya dalam menghambat arus listrik.

2. Saran

- a. Lakukan percobaan dengan variasi waktu perendaman dan konsentrasi asam sulfat yang lebih luas untuk mengidentifikasi kombinasi optimal yang menghasilkan sifat material terbaik.
- b. Lakukan pengujian mekanik untuk mengevaluasi kinerja material.
- c. Gunakan asam lainnya (misal asam nitrat, asam klorida) dengan konsentrasi berbeda untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat material lainnya.
- d. Gunakan metode vakum untuk menghilangkan rongga udara setelah melakukan perendaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Suryadi, F. (2017). Jom FTEKNIK Volume 4 No. 1 Februari 2017 Jom FTEKNIK Volume 4 No. 1 Februari 2017. 4(1), 1–8.
- Tambunan, J. M. (2017). STUDI RANCANG BANGUN DAN TEMPERATUR ZONA CONTINUOUS FURNACE SINTERING MATERIAL FRANGIBLE Cu-5wt % Sn. 1–113.
- Bakar, R. A., Yahya, R., & Gan, S. N. (2016). Production of High Purity Amorphous Silica from Rice Husk. *Procedia Chemistry*, 19, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.092>
- Rahmatullah, Bahri, S., Ginting, Z., Suryati, & Nurlaila, R. (2022). Pengaruh Suhu Dan Waktu Pembakaran Terhadap Kadar Silika Dari Abu Sekam Padi. Seminar Nasional Fakultas Rekayasa Universitas Malikussaleh (SNFT), 2012, 995–1002. <https://snft2022.ft.unimal.ac.id/TK/015-TK.pdf>
- Darwis, D., Khaerani, 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. <https://doi.org/10.22487/25411969.2017.v6.i2.8667>
- Indah, A. (2020). Karakteristik Dielektrik Isolator Polimer Resin Epoksi Berbahan Pengisi Abu Tongkol Jagung. *Electrician*, 14(2), 40–45. <https://doi.org/10.23960/elc.v14n2.2122>
- Zawawi, M. A., Febrianto, T., Studi, P., Mesin, T., Rekayasa, F., & Serbuk, M. (2021). Publikasi Online Mahasiswa Rekayasa Mesin STUDI EKSPERIMEN PENGARUH TEKANAN DAN SUHU SINTERING TERHADAP DENSITAS PADUAN Al-Mg DENGAN. 4(2).
- Setiyanto, I. (2019). Pengaruh Variasi Temperatur Sintering Terhadap Ketahanan Aus Bahan Rem Sepatu Gesek. *Jurnal Rekayasa*, 2(3), 1–6.

E. Indra. (2013). Studi Kekuatan Dielektrik Pada Bahan Campuran Abu Sekam Padi Dengan Resin Epoksi. *Jurnal Rekayasa Elektro Universitas Tanjungpura (Jurnal Untan)*, 1(1), 4.

Taufik, A., & Putra J, A. 2013. Pengaruh temperatur furnace, temperatur pelarutan, dan rasio pelarut pada pembuatan natrium silikat dari sekam padi. <http://hdl.handle.net/123456789/4116>