



Investigation of Insulating Material Application: Affordable and Optimal Use of Epoxy Resin Filler

Tinjauan Pengaplikasian Bahan Isolator : Penggunaan Bahan Isian Resin Epoksi Yang Terjangkau dan Optimal

Zaki Fairuz Ghani^{1*}, Retno Aulia Setiani², Alessi Prayoga³, Haldi A.⁴, Liliana⁵

^{1,2,3,4,5} Teknik Elektro, UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

Corresponden E-Mail: ¹1215013932@students.uin-suska.ac.id

Makalah: Diterima 21 June 2024; Diperbaiki 27 June 2024; Disetujui 17 December 2024

Corresponding Author: Zaki F.G

Abstrak

Bahan isolasi memiliki berbagai varian dan aplikasi yang berbeda, sehingga harga dan efisiensinya juga bervariasi. Salah satu jenis bahan isolasi yang umum digunakan adalah resin epoksi. Penggunaan bahan pengisi dalam resin epoksi dapat bervariasi untuk mencapai hasil yang berbeda-beda. Dengan komposisi yang tepat, dapat meningkatkan ketahanan bahan isolasi terhadap fenomena seperti flashover, arus bocor, dan tekanan mekanis. Studi literatur telah dilakukan untuk mengeksplorasi berbagai material pengisi, termasuk abu sekam padi, pasir dengan kandungan kalsium tinggi, dan abu tongkol jagung. Eksperimen dalam studi ini fokus pada evaluasi arus bocor dan flashover dari material isolasi tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pasir dengan kandungan kalsium tinggi mampu menahan jalur konduktif lebih baik, abu tongkol jagung memiliki sifat dielektrik yang lebih kuat, sementara abu sekam padi memberikan solusi yang lebih ekonomis dalam penggunaan sebagai pengisi isolasi.

Keyword : Bahan Isolasi, Isolator, Resin, Epoksi

Abstract

Insulation materials come in various types and applications, leading to diverse pricing and effectiveness. One common type is epoxy resin, where the choice of filler materials can significantly impact its performance. Proper mixing can enhance the insulation's resistance to phenomena such as flashover, leakage current, and mechanical stress. This study conducted a literature review focusing on various filler materials, including rice husk ash, high-calcium sand, and corn cob ash. Experiments in the study examined leakage current and flashover characteristics of these insulation materials. The findings indicate that high-calcium sand can withstand higher conductive paths, corn cob ash exhibits stronger dielectric characteristics, and rice husk ash provides a more cost-effective filler option for insulation purposes.

Keywords: Insulation Material, Insulator, Resin, Epoxy

1. Introduction

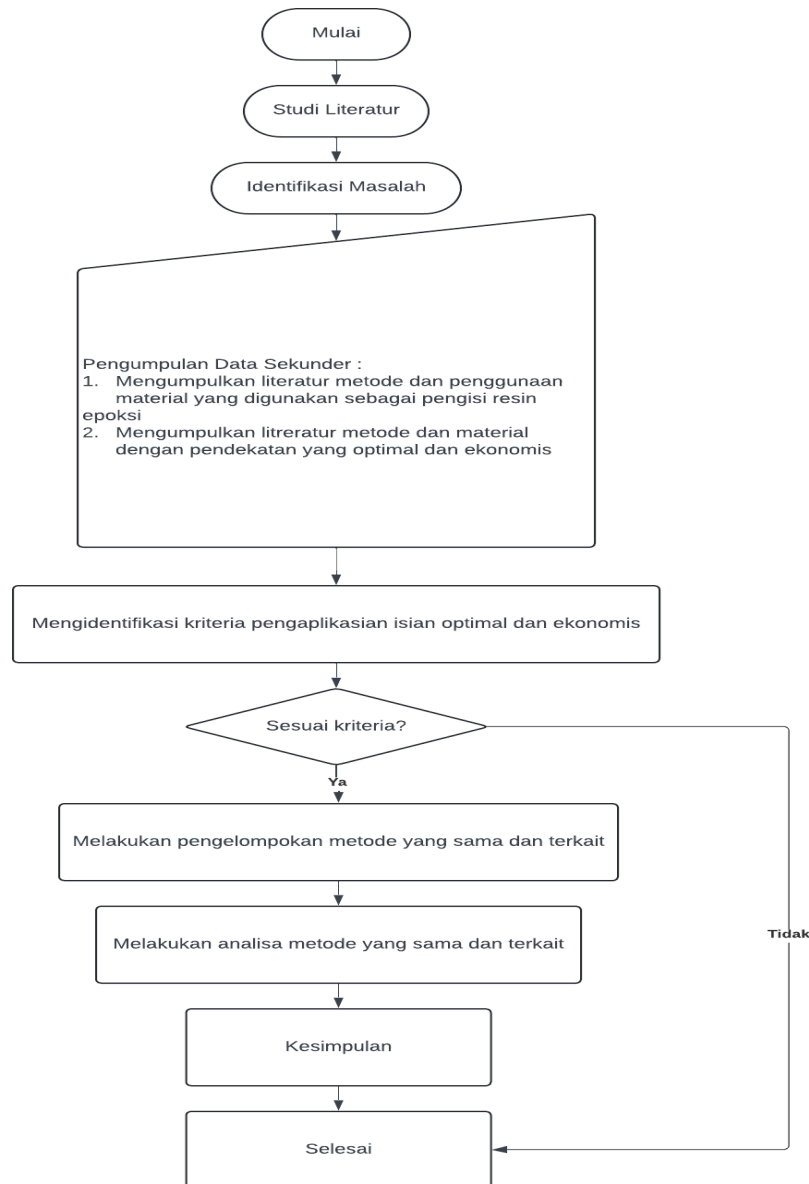
Isolasi adalah suatu komponen yang digunakan dalam sistem kelistrikan yang bertujuan untuk memisahkan penghantar-penghantar dengan tegangan yang berbeda, sehingga menghindarkan terjadinya loncatan listrik atau hubung singkat di antara penghantar [1]. Bahan isolasi yang sering digunakan di Indonesia adalah keramik dan kaca. Kelebihan dari jenis isolator ini adalah harganya yang relatif murah dibandingkan dengan isolator polimer, serta memiliki sifat termal yang baik seperti tahan panas. Namun, isolasi ini memiliki kelemahan mekanis karena berat dan permukaannya dapat menyerap air (higroskopis), yang dapat memudahkan terjadinya kebocoran permukaan. Akibatnya, hal ini dapat mengakibatkan kegagalan pada isolasi tersebut [2].

Saat ini, isolator polimer resin epoksi sedang dikembangkan dengan beberapa keunggulan. Di antaranya adalah sifat dielektris yang baik, konstruksi yang relatif lebih ringan, ketahanan kimia yang baik, resistensi tinggi terhadap asam, sifat kedap air (hidrofobik), dan proses pembuatannya yang lebih cepat dibandingkan dengan isolator keramik dan kaca. Namun, isolator ini juga memiliki kelemahan, seperti ketahanannya yang kurang terhadap perubahan cuaca yang dapat menyebabkan penurunan kekuatan mekanis dan kerusakan fisik pada isolator tersebut [3]. Karakteristik mekanis dan listrik dari isolator tersebut dapat ditingkatkan dengan menambahkan bahan pengisi seperti pasir silika dan bahan lainnya [4].

Pemanfaatan bahan isolasi dalam konstruksi isolator untuk tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi memiliki peran yang sangat penting dalam memajukan teknologi tegangan tinggi di Indonesia. Dengan menggunakan material isolasi yang tepat dan efektif, kita dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan yang menggunakan tegangan tinggi. Selain itu, pengembangan material isolasi juga membuka peluang untuk inovasi dalam desain dan pembuatan isolator yang lebih kuat, lebih tahan lama, dan lebih efisien secara energi. Melalui upaya ini, Indonesia dapat terus bergerak maju dalam bidang teknologi tegangan tinggi, yang berdampak positif pada berbagai sektor seperti industri energi, telekomunikasi, dan infrastruktur yang memerlukan sistem tegangan tinggi yang handal dan aman [5].

2. Materials and Method

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur untuk mendalami berbagai jenis material isian yang terkait dengan bahan isolator resin epoksi [1]-(AKHIR SITASI). Selanjutnya, masalah utama terkait dengan biaya dan kesulitan dalam memperoleh material diidentifikasi. Data sekunder dikumpulkan, termasuk metode pengujian yang digunakan untuk isolator yang sudah ada, serta pendekatan optimal dan ekonomis dalam penggunaannya. Kemudian kriteria untuk isolator yang optimal dan terjangkau diidentifikasi. Metode-metode dievaluasi apakah sesuai dengan kriteria. Jika sesuai, metode yang sama dan terkait dikelompokkan untuk analisis lebih lanjut. Analisis dilakukan untuk menilai keoptimalan dan biaya material masing-masing metode. Kesimpulan diambil untuk menentukan metode terbaik dan memberikan rekomendasi praktis. Berikut adalah flowchart metodologi penelitian:



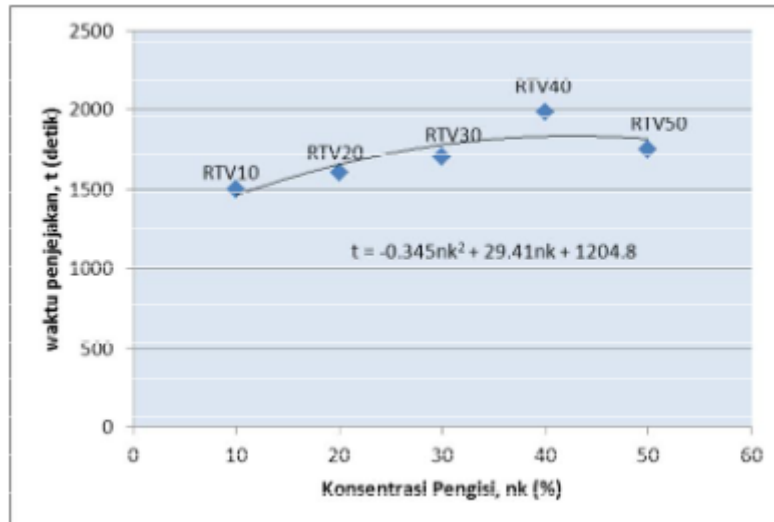
Gambar 1. Diagram Alir

3. Results and Discussion

Hasil pencarian literatur menghasilkan 28 artikel terkait dari tahun 2008 hingga 2024. Dari jumlah tersebut, 9 artikel di antaranya tidak relevan, sehingga tersisa 19 artikel yang relevan. Setelah dilakukan identifikasi dan analisis lebih lanjut terhadap 19 artikel tersebut, sekitar 7 artikel tidak sesuai dengan topik utama penelitian. Akhirnya, dipilih 12 artikel sebagai data utama yang menginformasikan tentang penggunaan isian resin epoksi yang optimal dan ekonomis. Berikut ini adalah tinjauan perbandingan penggunaan isian resin epoksi yang optimal dan terjangkau:

3.1 Penggunaan Pasir Kalsium Tinggi

Penggunaan pasir berkalsium tinggi diimbangi *silane* adalah salah satu metode dalam penelitian penerapan ini yang dapat mengisolasi listrik jika digunakan dengan takaran tertentu [6]. Campuran ini membuat terjadinya kegagalan isolasi terlambat, disebut juga mempersulit terjadinya arus bocor permukaan bahan isolasi epoksi resin. Kenaikan nilai dari konsentrasi pasir menyebabkan kenaikan sudut kontak yang berarti kenaikan resistansi permukaan bahan isolasi, sehingga arus bocor tidak mudah mengalir di permukaan bahan isolasi [7][8].



Gambar 2. Grafik pengujian arus bocor pada epoksi campuran pasir

Dari grafik yang terlampir pada Gambar 1, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi pengisi dalam komposit resin epoksi cenderung meningkatkan waktu penjejakan. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi pengisi dalam komposit resin epoksi, proses pembentukan jalur konduksi dan jalur karbon pada permukaan bahan isolasi akan lebih lambat terjadi, yang dapat mengurangi laju degradasi permukaan. Nilai konsentrasi pasir berkalsium tinggi dan silane sebagai pengisi komposit resin epoksi yang mempunyai kinerja optimal terhadap proses penjejakan dan erosi adalah 40% [9].

3.2 Penggunaan Abu Tongkol Jagung

Penggunaan abu tongkol jagung juga bisa diterapkan sebagai isian tambahan resin epoksi sebagai baha isolator. Filler abu tongkol jagung ini diuji dengan beberapa variasi berat penggunaannya, berikut adalah tabel komposisi sampel uji :

SAMPEL	DGEBA	MPDA	FILLER
SA00	100ml	50ml	0gr
SA01	100ml	50ml	15gr
SA02	100ml	50ml	30gr

Tabel 1. Komposisi Sampel Abu Tongkol Jagung

KODE	RATA - RATA KORONA	RATA-RATA FLASHOVER
SA00	40,63KV	74,64KV
SA01	34,03KV	46,08KV
SA02	30,29KV	50,67KV

Tabel 2. Perbandingan Hasil Tiap Sampel

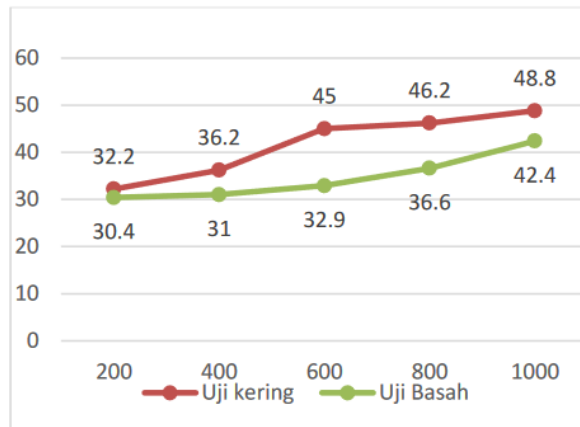
Kolom *Filler* adalah abu tongkol jagung. Komposisi jagung 30% menghasilkan tegangan *flashover* lebih tinggi dibanding 15%, karakteristik dielektrik isolator polimer resin epoksi dengan pengisi abu tongkol jagung sebanyak 30% lebih unggul daripada isolator dengan pengisi komposisi 15%. Penambahan abu tongkol jagung sebesar 15% dan 30% menyebabkan penurunan tegangan flashover pada isolator polimer yang tidak menggunakan pengisi. Penurunan tegangan flashover pada isolator dengan penambahan pengisi 15% dan 30% disebabkan oleh keberadaan banyak gelembung udara pada sampel isolator [10].

3.3 Penggunaan Abu Sekam Padi

Abu sekam padi adalah salah satu jenis *filler* yang dapat dicampurkan dengan resin epoksi. Silika yang berasal dari abu sekam padi dipilih sebagai bahan pengisi karena biasanya abu sekam padi hanya digunakan untuk berbagai keperluan seperti abu untuk menggosok, bahan bakar di industri pembuatan batu bata, dekorasi, atau sebagai bahan yang dibuang ke kandang hewan[11]. Namun, ketika sekam padi dibakar pada suhu antara 500°C hingga 700°C selama 1 hingga 2 jam, ternyata menghasilkan banyak silika amorf. Silika ini sering

digunakan dalam industri ketenagalistrikan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan isolator tegangan tinggi.[12] Penggunaan silika dari abu sekam padi menjadi komponen penting dalam pembuatan isolasi, terutama sebagai bahan pengisi adalah kuat, tahan panas dan tidak mudah diserap air [13].

Hasil pengujian ini dilakukan dalam keadaan basah dan dalam keadaan kering yang kemudian diuji dengan pembangkit tegangan tinggi AC 100KV, panel kontrol, tongkat pentanahan (*Grounding*), Elektroda batang dan penyangga elektroda dan multimeter digital. Abu sekam padi bekerja lebih baik pada saat kondisi kering. Berikut adalah perbandingan grafik pengujian antara kondisi kering dan basah :



Gambar 3. Grafik perbandingan tegangan *flashover* pada kondisi kering dan kondisi basah

4. Conclusion

Tinjauan mengenai metode penggunaan bahan isian resin epoksi sebagai isolator yang optimal dan terjangkau menunjukkan bahwa ada beberapa pendekatan yang dapat diadopsi dengan efektif. Metode-metode ini diantaranya penggunaan pasir berkalsium tinggi yang dapat menahan lebih tinggi *flashover* dan membuat jalur konduksi lebih lambat, penggunaan campuran abu tongkol jagung, dan penggunaan campuran abu sekam padi. Pendekatan-pendekatan ini menawarkan solusi yang praktis dan ekonomis untuk berbagai pengaplikasian. Dengan memanfaatkan teknologi yang relatif murah, penelitian ini dapat dikembangkan dan dapat meningkatkan efisiensi serta fleksibilitas dalam pengembangan bahan isolator untuk berbagai keperluan kedepannya.

5. Acknowledgments

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih atas bimbingan dan dukungan yang sangat berharga dari Dr. Liliana, S.T., M.Eng., selama proses pembelajaran mengenai mata kuliah Teknik tegangan tinggi dan pada penulisan studi tentang ‘Tinjauan Pengaplikasian Bahan Isolator : Penggunaan Bahan Isian Resin Epoksi Yang Terjangkau dan Optimal’.

References

- [1] M.M. Ali, “Pengaruh Kualitas dan Pemasangan Kabel Suplai pada Peralatan Rumah Tangga Sesuai SNI IEC 60335-1:2009”.
- [2] W. Agung, R. Amiruddin, S. Manjang, and I. Kitta, “SIMULASI KARAKTERISTIK ARUS BOCOR DAN SIFAT HIDROFOBİK KE LAPISAN POLUSI PERMUKAAN ISOLATOR POLIMER SILICONE RUBBER,” *Jurnal EKSITASI*, vol. 1, no. 2, p. 2022.
- [3] Arief Syaichu-Rohman, Institute of Electrical and Electronics Engineers., Institute of Electrical and Electronics Engineers. Indonesia Section., Institut Teknologi Bandung. School of Electrical Engineering and Informatics., and Universiti Kebangsaan Malaysia. Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat., *Proceedings of the 2011 International Conference on Electrical Engineering and Informatics : 17-19 July 2011, Bandung, Indonesia*. IEEE, 2011.
- [4] A. Junaidi, J. A. Wahab, S. No, and B. Ampar, “PENGARUH PERUBAHAN SUHU TERHADAP TEGANGAN TEMBUS PADA BAHAN ISOLASI CAIR,” vol. 13, no. 2, pp. 1–5, 2008.
- [5] K. Porselen Berbasis Feldspar Sebagai Bahan Isolator, E. Indiani, and N. Ayu Ketut Umiati, “KERAMIK PORSELEN BERBASIS FELDSPAR SEBAGAI BAHAN ISOLATOR LISTRIK”.

- [6] J. Heri and A. Syakur, "Studi Arus Bocor Permukaan Bahan Isolasi Resin Epoksi Silane Dengan Variasi Pengisi Pasir Silika (Dengan Polutan Pantai)," 2012, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>
- [7] M. Toni Prasetyo, *PEMANFAATAN BATU BERSILIKA, SILANE, DAN VINYL SILANE SEBAGAI PENGISI BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI UNTUK ISOLATOR LISTRIK*.
- [8] O. Rkp, E. Hasan Harun, R. Kurniawan Putra Otaya, and J. Ilham, "PERBANDINGAN TEGANGAN TEMBUS DAN KUAT TEKAN ISOLATOR RESIN EPOKSI MENGGUNAKAN PASIR SUNGAI BOLANGO GORONTALO DAN PASIR SILIKA SEBAGAI FILLER", doi: 10.56190/jree.v1i1.7,p-issn/e-issn:2986-1063.
- [9] Moh Toni Prasetyo and Achmad Solichan, "EFEKTIFITAS PEMANFAATAN PASIR PANTAI BERKALSIUM SEBAGAI MATERIAL PENGISI BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI UNTUK ISOLATOR LISTRIK".
- [10] Y. Harun and A. I. Pratiwi, "Karakteristik Dielektrik Isolator Polimer Resin Epoksi Berbahan Pengisi Abu Tongkol Jagung," 2020.
- [11] G. Prasetyo and A. Syakur, "ANALISIS KARAKTERISTIK ARUS BOCOR DAN SUDUT KONTAK PADA BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI DENGAN CAMPURAN ABU SEKAM PADI PADA KONTAMINAN **NH₄Cl** DAN AIR HUJAN."
- [12] D. Ali and A. Syakur, "ANALISIS ARUS BOCOR PADA BAHAN ISOLATOR RESIN EPOKSI CAMPURAN SILICONE RUBBER DAN SILIKA ABU SEKAM PADI DENGAN VARIASI TEGANGAN MENGGUNAKAN METODE PENGUKURAN INCLINED-PLANE TRACKING."
- [13] Jeronimo Espirito Santo, Muhammad Suyanto, and Subandi, "ANALISIS PENGUJIAN BAHAN ISOLASI RESIN EPOKSI DENGAN PENGISIAN SILIKA DARI ABU SEKAM PADI".