

DI KUAT TARIK DAN ELASTISITAS KOMPOSIT PVC-NPCC-PLASTIZER ALTERNATIF ISOLATOR KABEL

Muchammad Rafi Syaifulah^{*1}, Frandika Laksa Aditia², Bayu Kurnia Putra³, Aina Afrina Fairuziya⁴, Aditya Subakti⁵, Ita Suhermin Ingsih⁶

¹Mahasiswa, Teknik Sipil, Universitas Islam Malang e-mail: muchammadrafisyaifulah@gmail.com

²Mahasiswa, Teknik Sipil, Universitas Islam Malang e-mail: frandikalaksaaditia20@gmail.com

³Mahasiswa, Teknik Sipil, Universitas Islam Malang e-mail: bayukurniaputra123@gmail.com

⁴Mahasiswa, Teknik Elektro, Universitas Islam Malang e-mail: aina.afrina42@gmail.com

⁵Mahasiswa, Teknik Elektro, Universitas Islam Malang e-mail: ambonnice490@gmail.com

⁶Dosen, Teknik Sipil, Universitas Islam Malang e-mail: ita.suhermin@unisma.ac.id

ABSTRAK

This research addresses the significant problem of plastic waste, particularly PVC, which decomposes very slowly and can cause environmental hazards such as flooding and fires due to electrical short circuits. This research focuses on transforming PVC waste into safer and more environmentally friendly cable insulators. The methodology used includes collecting, sorting, mixing, and testing PVC waste, as well as the addition of Nano Precipitated Calcium Carbonate (NPCC) and plasticizers to improve its characteristics. Although the results showed that most of the mechanical and electrical criteria were achieved, some samples still need to be further optimized. Overall, the research in this journal highlights an innovative method for processing PVC waste to improve building safety (in terms of mechanical properties) and reduce environmental risks.

Keywords: *PVC waste, cable insulator, NPCC, plasticizer, environmental impact, safety enhancement, waste processing*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Plastik sejenis PVC yakni sampah yang sulit terurai secara alami, sehingga cenderung menumpuk di lingkungan dan menimbulkan dampak negatif seperti banjir, polusi, serta pencemaran tanah dan air. Hal ini dapat dijadikan sebagai sesuatu yang harus sering diperhatikan. Karena permasalahan yang menyangkut plastik terutama PVC, seiringnya waktu disosialisasikan dimanapun, tetap, masalah kurangnya literasi pemahaman masyarakat untuk sadar akan hal ini [1], [2]. Oleh karena itu, terdapat contoh kasus yang terjadi yakni, peningkatan insiden kebakaran akibat korsleting listrik, yang sering kali disebabkan oleh penggunaan kabel yang tidak memenuhi standar keselamatan. Serta terdapat data yang telah diketahui dari

Pemerintah tahun 2024 yang sebagai acuan berada di DKI Jakarta, di wilayah Jakarta Barat, korsleting listrik tercatat sebagai penyebab utama kebakaran dengan jumlah insiden yang cukup tinggi setiap tahunnya.

Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan keselamatan kelistrikan di wilayah perkotaan, khususnya Jakarta Barat, tidak hanya bergantung pada sistem instalasi, tetapi juga pada kualitas material kabel yang digunakan. Banyak kabel yang beredar di pasaran masih menggunakan bahan isolator berkualitas rendah yang mudah rusak atau terbakar. Oleh karena itu, inovasi dalam penggunaan kembali limbah PVC sebagai bahan isolator kabel berpotensi menjadi solusi ganda: mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah plastik dan sekaligus meningkatkan standar keselamatan kelistrikan melalui

pengembangan isolator yang lebih aman dan tahan panas.

Tabel 1. Tabulasi Faktor Kebakaran Kota Jakarta Barat

Tahun	Penyebab Kebakaran					
	Listrik	Rokok	Gas	Lilin	Membakar Sampah	Lainnya
2018	209	35	29	2	70	36
2019	211	33	33	6	98	46
2020	201	10	32	1	36	53
2021	221	11	25	1	29	35
2022	246	9	40	2	23	62

Walaupun pengelolaan limbah PVC masih menghadapi tantangan karena sifatnya yang sulit terurai, PVC memiliki potensi untuk didaur ulang menjadi produk bernilai, seperti isolator kabel. Dengan mengubah limbah PVC menjadi isolator kabel, diharapkan dapat mengurangi dampak negatif lingkungan akibat penumpukan sampah, serta dapat meningkatkan literasi terhadap studi sifat mekaniknya.

1.2. Identifikasi Masalah

Dalam kajian ini, diketahui identifikasi masalah berdasarkan latar belakang sebelumnya yakni sebagai berikut.

1. Cara pengolahan limbah PVC agar dapat menghasilkan isolator kabel yang memenuhi standar nasional belum diketahui dengan jelas.
2. Pengaruh penambahan NPCC dan plasticizer terhadap peningkatan kualitas isolator PVC masih belum teridentifikasi.
3. Kurangnya literasi terkait potensi limbah PVC sebagai bahan alternatif isolator kabel menghambat pengembangannya.
4. Dampak penggunaan isolator dari limbah PVC terhadap pengurangan sampah plastik belum dikaji secara berkelanjutan.

1.3. Rumusan Masalah

Selain itu untuk rumusan masalah atas identifikasi masalah melalui latar belakang sebelumnya, yakni diketahui sebagai berikut.

1. Bagaimana proses pengolahan limbah PVC dapat menghasilkan isolator kabel yang memenuhi standar nasional?
2. Bagaimana pengaruh penambahan NPCC dan plasticizer terhadap peningkatan kualitas isolator PVC?
3. Bagaimana limbah PVC berpotensi dikembangkan sebagai isolator alternatif melalui peningkatan literasi dan kajian ilmiah?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan isolator dari limbah PVC terhadap pengurangan sampah plastik di masyarakat?

1.4. Batasan Masalah

Kemudian untuk batasan masalah atas rumusan masalahnya yakni sebagai berikut.

1. Fokus penelitian adalah pada pengolahan limbah PVC sebagai bahan baku utama pembuatan isolator kabel.
2. Penambahan bahan lain seperti NPCC dan plasticizer dibatasi pada komposisi tertentu yang relevan dengan kualitas isolator kabel.
3. Kajian difokuskan pada sifat mekanik (elastisitas dan kuat tarik), tanpa membahas aspek literasi secara mendalam meski diakui potensial.
4. Dampak lingkungan dibatasi pada kontribusi pengurangan sampah plastik melalui pemanfaatan limbah PVC.

1.5. Tujuan

Untuk tujuan penelitian atas rumusan masalahnya juga yakni diketahui sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi proses pengolahan limbah PVC untuk menghasilkan isolator kabel sesuai standar nasional (SNI).
2. Menganalisis pengaruh penambahan NPCC dan plasticizer terhadap kualitas isolator PVC.
3. Menggali potensi limbah PVC sebagai isolator alternatif melalui peningkatan literasi dan pemahaman sifat mekaniknya.

4. Mengevaluasi dampak pemanfaatan limbah PVC sebagai isolator terhadap pengurangan sampah plastik.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Jenis Penelitian

Riset kualitatif dengan pendekatan eksperimen menjadi metode dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah berbahan PVC menjadi isolator kabel yang memenuhi standar nasional dengan penambahan NPCC dan plasticizer, serta mengevaluasi dampak penggunaan isolator kabel berbahan limbah PVC terhadap pengurangan sampah plastik. Serta fakta unik bahwa, salah satu *filler* yang cukup diminati pada industri plastik yakni, *filler* berukuran *nano* adalah *precipitated calcium carbonate* (PCC) [4].

2.2. Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat tahapan penelitiannya yang dapat diketahui sebagai berikut.

2.2.1. Pengumpulan dan Penyortiran Sampah PVC

Sampah PVC yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari botol minum berbahan plastik dan wadah makanan. Langkah pertama adalah mengumpulkan sampah-sampah tersebut, lalu dicuci untuk menghilangkan kotoran yang tersisa. Jika sudah bersih, sampah PVC dicacah dengan mesin penghancur untuk mempermudah proses berikutnya.

2.2.2. Pencampuran dan Ekstrusi

Irisan PVC digabungkan dengan NPCC dan plasticizer guna meningkatkan daya mekanik serta elastisitas material. Campuran tersebut kemudian diekstrusi dengan maksud menghasilkan bahan homogen yang siap untuk proses pencetakan.

2.2.3. Penambahan Bahan Tambahan

Pada tahap penambahan bahan tambahan plasticizer & NPCC ditambahkan ke dalam campuran PVC yang telah diekstrusi. NPCC yang ditambahkan dan plasticizer

bertujuan guna mengembangkan isolator benda uji terhadap sifat elastomer dan mekanik yang akan diproduksi. Kombinasi yang telah dicampur ini kemudian dicetak sesuai dengan ukuran standar konstruksi kabel NYM berdasarkan SNI 04-6629.4-2006 [5].

2.2.4. Proses Peleburan

Kombinasi tersebut dipanaskan pada suhu 180°C menggunakan oven hingga memperoleh kekentalan yang ideal untuk proses pembentukan. Selanjutnya, bahan cair itu dibentuk menjadi sampel yang sesuai dengan standar ukuran isolator kabel.

2.2.5. Pembentukan Sampel

Setelah proses peleburan, material PVC yang telah mencair tersebut akan dicetak sebagai sampel sesuai standar yang ditentukan, seperti ukuran standar untuk konstruksi kabel NYM. Sampel yang sudah terbentuk ini kemudian dapat diuji lebih lanjut dalam tahap pengujian.

2.2.6. Pengujian Elastomer

Dalam pemilihan bahan polimer untuk aplikasi isolator, sifat mekanik seperti tegangan tarik (*tensile strength*), perpanjangan saat putus (*elongation at break*), serta gaya maksimum saat penarikan (*force @ peak*) menjadi indikator utama dalam menilai performa material. Bahan seperti PPHE dan XLPE telah menunjukkan karakteristik unggul dalam parameter-parameter tersebut, menjadikannya acuan untuk membandingkan potensi bahan alternatif seperti limbah PVC [6].

2.2.7. Optimasi serta Evaluasi

Cakupan selanjutnya yakni langkah optimalisasi serta evaluasi hasil penelitian. Hasil yang diperoleh atas eksperimen sifat kelistrikan dan elastomer dianalisis, hal ini guna menilai serta menentukan evaluasi kinerja material isolator kabel yang dihasilkan. Setelah didapat hasil evaluasi, maka dilakukan penyesuaian ukuran bahan agar diperoleh isolator benda uji dengan kemampuan optimal sesuai standar yang ditetapkan.

2.3. Proses Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat prosesnya terhadap alat yang digunakan yakni

diketahui sebagai berikut:

- Mesin pencacah untuk mengolah sampah PVC.
- Peralatan ekstrusi dan oven untuk pencampuran dan peleburan bahan.
- Alat uji elastomer untuk mengukur kekuatan tarik dan elongasi.

2.4. Proses Teknik Analisis Data

Data pengujian dianalisis secara kuantitatif menggunakan metode statistik deskriptif. Hasil pengujian dievaluasi untuk menentukan kekuatan tarik, elastisitas, dan ketahanan fisik dari material.

2.5. Jadwal Penelitian

Penelitian ini dirancang dalam waktu 5 bulan (Februari-Mei, dan Juli) dengan rincian kegiatan sebagai berikut:

- Bulan 1: Pengumpulan sampah PVC, persiapan bahan, dan studi literatur.
- Bulan 2-3: Pencacahan sampah, pencampuran bahan, dan proses ekstrusi.
- Bulan 4: Proses peleburan, pembentukan sampel, dan pengujian elastomer.
- Bulan 5: Penyusunan laporan dan presentasi hasil penelitian.

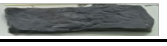
Metodologi penelitian ini disesuaikan untuk menggambarkan secara rinci tahapan-tahapan eksperimen yang dilakukan, serta untuk memastikan pengolahan limbah PVC menghasilkan isolator kabel berkualitas yang ramah lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Kajian ini dipaparkan melalui hasil penelitian yang dilakukan dengan pendekatan kualitatif,

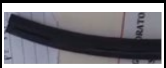
Tabel 2. Tabulasi Basis Benda Uji Daur Ulang PVC

Dimensi Benda Uji PVC				
Objek	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Dokumentasi
Sampel 1	50	20	4	
Sampel 2	50	20	2	
Sampel 3	70	12	3	

meliputi tahapan pengumpulan limbah PVC, proses pembuatan sampel uji, hingga pengujian material. Setiap tahapan dijelaskan secara rinci dengan fokus pada kualitas data yang diperoleh.

Dari “Tabel 2.” diketahui bahwa Dimensi Benda Uji PVC yang digunakan, ditabulasikan sebagai basis pengujian pada penelitian ini.

Tabel 3. Tabulasi Basis Benda Uji Produk Pasar

Dimensi Benda Uji Kabel Pasaran				
Objek	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Dokumentasi
Sampel 1	50	20	4	
Sampel 2	50	20	2	

Serta dari “Tabel 3.” diketahui bahwa Dimensi Benda Uji Produk Pasar yang digunakan, ditabulasikan sebagai basis pengujian pada penelitian ini.

3.2. Pengumpulan dan Pemilihan Sampah PVC

Pengumpulan sampah PVC dari botol plastik dan tempat makanan dilakukan dengan tujuan untuk mendaur ulang material ini menjadi produk yang berguna. Sampah yang terkumpul dicuci dan dicacah sebelum diproses lebih lanjut. Dalam tahapan ini, penilaian kualitatif dilakukan berdasarkan kualitas sampah yang diperoleh (kemurnian, ketebalan, dan kondisi PVC), yang dapat mempengaruhi proses produksi dan kualitas akhir isolator kabel.

3.3. Pencampuran Bahan dan Ekstrusi

Proses pencampuran PVC dengan NPCC dan plasticizer dilakukan guna meningkatkan sifat mekanik dan elastomer material. Pada tahap ini, aspek kualitatif yang penting adalah homogenitas pencampuran dan pengaruh komposisi bahan terhadap viskositas serta kemampuan material untuk melebur dengan baik selama proses ekstrusi.

3.4. Penambahan Bahan Tambahan dan Pembentukan Sampel

Proses penambahan NPCC dan plasticizer bertujuan untuk meningkatkan

stabilitas fisik dan kimia dari material PVC. Proses pencetakan dilakukan dengan memperhatikan ketelitian dalam pembuatan sampel sesuai dengan ukuran standar konstruksi kabel. Pada tahap ini, analisis kualitatif berfokus pada dampak penambahan bahan tambahan terhadap elastisitas dan ketahanan mekanik material.

3.5. Proses Peleburan

Campuran bahan dipanaskan hingga suhu tinggi untuk melelehkan PVC, sehingga lebih mudah dibentuk. Proses ini menghasilkan perubahan sifat fisik seperti elastisitas dan daya tahan terhadap panas.

3.6. Pembahasan Kualitatif

Pada bagian ini, hasil dari setiap tahap pengujian akan dibahas secara mendalam, dengan menyoroti pengaruh variabel seperti penambahan NPCC dan plasticizer pada sifat fisik material dan mekanik yang dihasilkan, serta dampak penggunaan PVC daur ulang dalam proses produksi. Pada penelitian lain membahas penambahan NPCC berperan sebagai bahan pengisi (filler) yang mampu meningkatkan kekakuan dan ketahanan terhadap suhu, sementara plasticizer memberikan fleksibilitas yang diperlukan agar material tidak rapuh saat digunakan sebagai isolator kabel. Namun, pencampuran yang tidak seimbang antara NPCC dan plasticizer dapat menyebabkan ketidakaturan struktur mikro, yang berakibat pada penurunan sifat mekanik seperti elongasi atau kekuatan tarik. Oleh karena itu, pemahaman terhadap interaksi antar bahan dan komposisinya sangat penting untuk mendapatkan performa optimal. Argumen ini menekankan bahwa pendekatan kualitatif tidak hanya melihat keberhasilan berdasarkan data numerik, tetapi juga dari karakteristik visual, homogenitas material, dan kestabilan selama proses produksi [8].

3.7. Pengaruh NPCC dan Plasticizer pada Sifat Fisik Material dan Mekanik

Berdasarkan hasil penelitian ini,

penambahan NPCC dan plasticizer berpengaruh positif terhadap sifat mekanik dan fisik material PVC. NPCC meningkatkan kuat tahanan dan tarik terhadap panas, sedangkan plasticizer memberikan kelenturan yang lebih baik pada material. Aspek kualitatif yang perlu diperhatikan adalah keseragaman distribusi NPCC pada partikel matriks PVC, yang memengaruhi stabilitas mekanik material. Semakin merata distribusi partikel NPCC, semakin kuat isolator yang dihasilkan. Dalam penelitian lain diketahui, hal ini disebabkan karena NPCC berfungsi sebagai agen pengisi yang dapat mengisi celah antar molekul PVC, sehingga meningkatkan kekompakan struktur dan mengurangi ruang kosong yang dapat menyebabkan keretakan mikro. Di sisi lain, plasticizer membantu memecah ikatan antar rantai polimer agar lebih fleksibel, namun jika digunakan secara berlebihan dapat menyebabkan penurunan kekuatan struktural. Oleh karena itu, komposisi yang seimbang antara NPCC dan plasticizer menjadi faktor penting dalam menghasilkan isolator kabel yang tidak hanya lentur tetapi juga tahan terhadap tekanan mekanis dan perubahan suhu lingkungan [9].

3.8. Pengujian Elastisitas dan Kekuatan Tarik

Pada pengujian elastisitas dan uji tarik, hasilnya menunjukkan bahwa isolator kabel berbahan PVC daur ulang dengan plasticizer lebih fleksibel namun sedikit lebih rendah kekuatan tariknya dibandingkan produk pasar. Adapun penelitian terdahulu, hasil uji limbah PVC menunjukkan tegangan tarik rendah (0,72–1,67 MPa) dan elongasi moderat (30,77–64,70%), jauh di bawah PPHE (22,7 MPa; 734%) dan XLPE (10,3 MPa; 642,3%) [6]. Hal ini menandakan bahwa meskipun limbah PVC belum mampu menyamai performa bahan standar, keuletannya menunjukkan potensi dasar yang dapat ditingkatkan melalui modifikasi bahan untuk aplikasi ringan non-struktural. Analisis kualitatif ini menunjukkan bahwa meskipun fleksibilitas meningkat, peningkatan kekuatan tarik membutuhkan

penyesuaian lebih lanjut pada komposisi bahan [10]. Kemudian dapat diamati maupun ketahu, bahwa untuk hasil uji elastisitasnya dari Sampel Uji maupun perbandingannya dengan Bahan Penelitian Lain, yakni sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Elastisitas dan Kuat Tarik pada Benda Uji dan Produk Pasaran

No.	Pengujian	Benda Uji			Pengujian Produk	
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 1	Sampel 2
1	Force @ peak (kgf)	5,86	5,43	5,26	17,6	15,89
2	Tensile Stress (Mpa)	0,718	1,668	1,433	2,157	1,948
3	Elong. @ peak (mm)	37,643	40,007	45,293	34,773	35,954
4	Elongation Percentage @ peak (%)	34,221	30,775	64,704	69,546	51,363

Hal ini dapat diketahui dari “Tabel 4.” menunjukkan Benda Uji memiliki potensi menyamai dari Produk Pasaran.

Tabel 5. Perbandingan dengan Bahan Penelitian Lain (PPHE dan XLPE)

Parameter Mekanik	Limbah PVC (Data Uji)	*PPHE	*XLPE
<i>Tensile Strength</i>	0.72 – 1.67 MPa	22.7 MPa	10.3 MPa
<i>Elongation @ break</i>	30.77 – 64.70 %	~734 %	~642.3 %
<i>Modulus Elastisitas (E)</i>	1.11 – 5.42 Mpa	~266.9 MPa	—

Melainkan untuk Perbandingan dengan Bahan Penelitian Lain menunjukkan perbedaan yang lebih jauh terhadap jenis bahan lain yang dipakai untuk membuat isolator kabel. Sehingga dapat diketahui dari “Tabel 5.”, potensi untuk bahan Limbah PVC dapat digunakan sebagai alternatif, karena mempunyai peluang untuk dikembangkan lebih lanjut lagi di masa depan oleh peneliti lain.

3.9. Pengaruh Proses Daur Ulang terhadap Kualitas Isolator Kabel

Secara kualitatif, penggunaan olah ulang PVC dapat membantu mengurangi limbah plastik, tetapi kualitas material yang dihasilkan belum sepenuhnya memenuhi standar. Penambahan aditif dan penyempurnaan proses sangat penting untuk meningkatkan performa isolator kabel [11]. Tanpa penambahan bahan penguat yang tepat, isolator dari PVC daur ulang cenderung memiliki kekuatan tarik yang

rendah dan kurang tahan terhadap suhu tinggi. Selain itu, kualitas permukaan isolator dapat mengalami degradasi akibat kontaminasi dari proses daur ulang yang tidak bersih, sehingga menurunkan efektivitas isolasi listriknya. Oleh karena itu, pendekatan rekayasa material dan kontrol proses produksi yang ketat diperlukan agar hasil akhir tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga layak untuk aplikasi kelistrikan yang aman dan tahan lama [12].

Contohnya, dalam konteks pemanfaatan PVC daur ulang untuk isolator kabel, kualitas hasil akhir sangat dipengaruhi oleh jenis limbah PVC yang digunakan, proses pemisahan kontaminan, serta formulasi bahan tambahan seperti plasticizer dan penguat seperti *Nano Precipitated Calcium Carbonate* (NPCC). Proses daur ulang yang kurang optimal dapat menyebabkan sifat mekanik isolator menurun, seperti daya tahan terhadap panas dan kekuatan tarik, sehingga rentan terhadap kerusakan dalam penggunaan jangka panjang. Hal ini berisiko meningkatkan potensi korsleting listrik, terutama pada lingkungan dengan suhu tinggi atau instalasi terbuka. Oleh karena itu, integrasi antara teknologi pemrosesan dan pemilihan bahan aditif yang tepat sangat krusial untuk menghasilkan isolator yang tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memenuhi kriteria keselamatan listrik nasional. Argumen ini diperkuat dengan temuan bahwa peningkatan kualitas isolator dari PVC daur ulang secara signifikan dapat dicapai melalui proses rekayasa material yang tepat, yang tidak hanya memperbaiki struktur mikro plastik, tetapi juga menambah ketahanan terhadap arus bocor dan keausan [13].

Dengan demikian, daur ulang PVC tidak boleh dianggap sekadar solusi limbah, tetapi juga sebagai peluang strategis untuk menciptakan material fungsional bernilai tinggi.

3.10. Implikasi dan Potensi Daur Ulang Plastik dalam Produksi Kabel Isolator

Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan alternatif dalam industri kabel menunjukkan peluang yang menjanjikan,

terutama dalam konteks keberlanjutan dan pengurangan dampak lingkungan. Inovasi daur ulang material telah menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi material ramah lingkungan, termasuk pada sektor elektrik seperti kabel isolator [14]. Hasil penelitian ini juga memberikan wawasan kualitatif mengenai potensi penggunaan limbah plastik dalam produksi kabel isolator. Meskipun tantangan dalam kualitas material masih ada, potensi untuk mengurangi limbah plastik melalui inovasi daur ulang material sangat besar. Adapun yang didapat atas penelitian ini yakni, penelitian ini menyarankan untuk melanjutkan eksperimen dengan variasi komposisi bahan dan peningkatan proses pembuatan untuk menghasilkan isolator kabel yang lebih berkualitas dan sesuai dengan standar yang ada.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan Kualitas Isolator Kabel: Penyatuan PVC daur ulang dengan NPCC menunjukkan optimalisasi kemampuan bahan isolator benda uji pada sifat mekaniknya, meskipun pengujian mengungkapkan bahwa nilai resistansi lapisan kulit kabel di tiap sampel masih belum mencapai standar SNI 04-0225-2000. Proses pengolahan limbah PVC dengan penyatuan plasticizer dengan NPCC berpotensi hasilkan isolator benda uji dengan kualitas mekanik yang lebih unggul, seperti peningkatan elastisitas dan ketahanan terhadap suhu tinggi.
2. Berdasarkan hasil uji mekanik, limbah PVC menunjukkan tegangan tarik (*tensile stress*) yang relatif rendah, yaitu berkisar antara **0,718 hingga 1,668 MPa**, serta gaya maksimum (*force @ peak*) sebesar **5,26 hingga 5,86 kgf**. Meski demikian, nilai elongasi pada puncak (*elongation percentage @ peak*) mencapai **30,775% hingga 64,704%**, menunjukkan tingkat

keuletan yang cukup untuk aplikasi non-struktural. Nilai-nilai tersebut mengindikasikan bahwa limbah PVC belum memenuhi kriteria untuk digunakan sebagai isolator tegangan tinggi, namun tetap memiliki potensi sebagai bahan alternatif yang fleksibel dengan pengembangan lebih lanjut.

3. Potensi Pengembangan: Meski belum sepenuhnya memenuhi standar, hasil uji mekaniknya menunjukkan peluang pengembangan. Teknologi ini berpotensi mendukung industri kabel maupun sejenisnya sebagai solusi ramah lingkungan dan pengurangan limbah plastik.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, berikut beberapa rekomendasi yang dapat dipertimbangkan:

- Optimasi Komposisi: Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengeksplorasi variasi campuran NPCC, plasticizer, dan PVC untuk mendapatkan komposisi yang lebih optimal. Hal ini akan memastikan bahwa sifat mekanik dan resistansi isolasi kabel dapat memenuhi standar yang ditetapkan oleh peraturan, khususnya SNI 04-0225-2000.
- Peningkatan Proses Pengolahan: Proses pembuatan isolator kabel dengan teknologi ekstrusi dan peleburan perlu dioptimalkan untuk memastikan distribusi yang lebih menyeluruh dari partikel NPCC dalam matriks PVC. Hal ini dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan material terhadap tegangan dan suhu tinggi, serta memperbaiki hasil resistansi isolasi.
- Penerapan dalam industri kabel maupun sejenisnya: Perindustrian yang berhubungan dengan studi isolator ini, dapat mempertimbangkan untuk mengadopsi penggunaan isolator kabel berbahan PVC daur ulang yakni, sebagai bagian dari upaya

meningkatkan keberlanjutan dan mengurangi dampak lingkungan dari limbah plastik. Dalam hal ini, riset lanjutan terkait kinerja material ini dapat membantu memenuhi kebutuhan kualitas dan keselamatan yang lebih tinggi dalam aplikasi industri. Melalui penelitian lanjutan dan penyempurnaan komposisi, diharapkan isolator kabel dari PVC daur ulang ini akan mendapatkan penerimaan pasar dan diterapkan secara luas sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dalam sektor manufaktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Z. Hakim, "Pengelolaan dan Pengendalian Sampah Plastik Berwawasan Lingkungan," *Amanna Gappa*, vol. 27, no. 2, hal. 111–121, 2019.
- [2] Kasmaida, Mustakim, Ashadi, dan N. Ruslan, "Pendampingan masyarakat dalam pengolahan sampah plastik menjadi paving blok," *Communnity Dev. J.*, vol. 4, no. 2, hal. 1358–1361, 2023.
- [3] Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Provinsi DKI Jakarta, "Frekuensi Kebakaran Menurut Penyebabnya 2020-2022," Badan Pusat Statistik Kota Jakarta Barat. Diakses: 21 Februari 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://jakbarkota.bps.go.id/indicator/34/246/1/frekuensi-kebakaran-menurut-penyebabnya.html>
- [4] D. W. Nurhajati, I. Setyorini, dan S. Sugihartono, "Sifat fisika dan morfologi nanokomposit ABS/PC dengan filler nano precipitated calcium carbonate (NPCC)," *Maj. Kulit, Karet, dan Plast.*, vol. 30, no. 1, hal. 1, 2014, doi: 10.20543/mkcp.v30i1.116.
- [5] Kitani, "Kabel NYM," kitani.co.id. Diakses: 20 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://kitani.co.id/product/kabel-nym/>
- [6] D.-K. Kim *dkk.*, "Study on high-temperature and high-voltage insulation characteristics of polypropylene blend with highly packed elastomeric domains for power cable applications," *Polym. Test.*, vol. 120, hal. 107942, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.107942>.
- [7] B. K. Putra, F. L. Aditia, M. R. Syaifulah, A. A. Fairuziyya, A. Subakti, dan I. S. Ingsih, "Potensi Sampah Anorganik Berbahan Pvc Dengan Tambahan Nano Precipitated Calcium Carbonate Dan Plasticizer Untuk Isolator Kabel Guna Keamanan Bangunan: Potential Of Inorganic Waste Made From Pvc With Added Nano Precipitated Calcium Carbonate And Plasticize," *Media Ilm. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 3 SE-Articles, hal. 229–236, Jun 2025, doi: 10.33084/mits.v12i3.8678.
- [8] M. Al-Samhan, F. Al-Attar, J. Al-Fadhli, dan M. Al-Shamali, "The influence of nano CaCO₃ on nucleation and interface of PP nano composite: matrix processability and impact resistance," *Polymers (Basel)*, vol. 13, no. 9, hal. 1389, 2021.
- [9] Faiza, A. Khattak, A. A. Alahmadi, H. Ishida, dan N. Ullah, "Improved PVC/ZnO nanocomposite insulation for high voltage and high temperature applications," *Sci. Rep.*, vol. 13, no. 1, hal. 7235, 2023.
- [10] A. Lakhdar, M. Jammoukh, L. Zahiri, K. Mansouri, A. Moumen, dan B. Salhi, "Numerical and experimental study of the behavior of PVC material subjected to aging," in *2020 1st international conference on innovative research in applied science, engineering and technology (IRASET)*, 2020, hal. 1–6.
- [11] W. Brostow, N. Hnatchuk, dan T. Kim, "Preventing thermal degradation of PVC insulation by mixtures of cross-linking agents and antioxidants," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 137, no. 24, hal. 48816, 2020.
- [12] A. Ratnakumar *dkk.*, "Analysis of Plasticizer Evaporation from Locally Available Poly (vinyl chloride) Cable Insulations," in *Macromolecular Symposia*, 2022, hal. 2100427.
- [13] F. da Silva Müller Teixeira, A. C. de Carvalho Peres, T. S. Gomes, L. L. Y. Visconte, dan E. B. A. V. Pacheco, "A review on the applicability of life cycle assessment to evaluate the technical and environmental properties of waste electrical and electronic equipment," *J. Polym. Environ.*, vol. 29, hal. 1333–1349, 2021.
- [14] J. Nyika dan M. Dinka, "Recycling plastic waste materials for building and construction Materials: A minireview," *Mater. Today Proc.*, vol. 62, hal. 3257–3262, 2022.