

## **Pemanfaatan Limbah Styrofoam dan Karet Ban Sebagai Bahan Isolator Panas**

### ***Utilization of Waste Styrofoam and Rubber Tires as Heat Insulating Materials***

<sup>1</sup>Fadly Shalsabil Siregar, <sup>1</sup>Sania Bulan Zurahma, <sup>1</sup>Wiji Utami\*

<sup>1</sup>Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin  
Jambi, Indonesia

\*e-mail: [wijiutami@uinjambi.ac.id](mailto:wijiutami@uinjambi.ac.id)

#### **ABSTRAK**

Perkembangan industri yang pesat menyebabkan peningkatan volume sampah seperti styrofoam dan ban karet yang sulit terdegradasi secara alami di alam. Pemanfaatan limbah sebagai isolator termal menjadi salah satu solusi terbaik dan dapat mengatasi permasalahan lingkungan. Komponen material ini mempunyai sifat konduktivitas termal kecil karena kemampuannya menghambat kalor. Penelitian bertujuan untuk menentukan efektivitas styrofoam dan ban karet pada setiap penambahan ketebalan isolator termal dalam mempertahankan panas. Penelitian ini memanfaatkan metode eksperimen dengan mengamati perbandingan variasi ketebalan bahan yang berbeda yaitu 0, 1, 3, 5 cm dan dilakukan pengukuran suhu setiap interval 5 menit sekali, selama setengah jam. Hasil disetiap pengukuran penambahan material styrofoam dan ban karet pada ketebalan 5 cm menghasilkan perpindahan panas yang paling kecil. Hasil perbandingan rata-rata suhu pada ketebalan 5 cm styrofoam sebesar 69,28 °C sedangkan ban karet sebesar 67 °C. Hal ini juga menunjukkan kemampuan styrofoam dalam menahan panas lebih baik dari ban karet. Data hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan menjadi salah satu rujukan dalam pengelolaan limbah styrofoam dan ban karet. Keterbaruan penelitian ini dapat berkontribusi terhadap masalah limbah-limbah yang sulit didegradasi secara alami.

**Kata kunci:** Styrofoam, Ban karet, Insulator termal, limbah

#### **ABSTRACT**

*Rapid industrial development has caused an increase in the volume of waste such as styrofoam and rubber tires that are difficult to degrade naturally in nature. Utilization of waste as a thermal insulator is one of the best solutions and can overcome environmental problems. This material component has low thermal conductivity properties because of its ability to inhibit heat. The study aims to determine the effectiveness of Styrofoam and rubber tires at each additional thickness of the thermal insulator in retaining heat. This study uses an experimental method by observing the comparison of different material thickness variations, namely 0, 1, 3, 5 cm and measuring the temperature every 5 minute interval, for half an hour. The results of each measurement of the addition of styrofoam and rubber tires at a thickness of 5 cm produced the smallest heat transfer. The results of the average temperature comparison at a thickness of 5 cm of styrofoam were 69.28 °C while rubber tires were 67 °C. This also shows the ability of styrofoam to retain heat better than rubber tires. The data from this study can be used as a reference in the management of styrofoam and rubber tire waste. This research innovation can contribute to the problem of waste that is difficult to degrade naturally.*

**Keywords:** Styrofoam, Rubber tires, Thermal insulators, waste.

## PENDAHULUAN

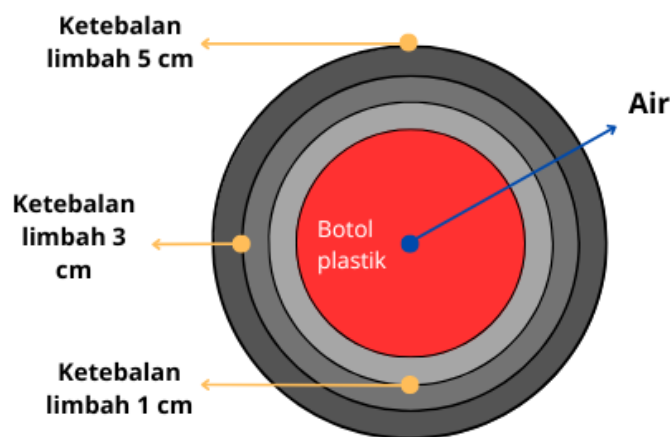
Perkembangan industri dalam bidang kuliner dan otomotif yang semakin pesat menyebabkan peningkatan volume limbah seperti stirofoam dan ban karet. Kedua jenis limbah ini sangat sulit terdegradasi secara alami dan mampu mencemari lingkungan [11][2]. Stirofoam terdiri dari kandungan 98 % polistirena yang sulit terurai secara alami dan 12 % *styrene* yang mampu menyebabkan kanker, iritasi, serta gangguan pada sistem pernafasan jika terkonsumsi [2] [1]. Ban karet dapat terurai melalui pembakaran sempurna bersuhu tinggi yang mampu menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) penyebab terjadinya pemanasan global, kanker, gangguan reproduksi, gangguan hormonal, dan kematian [3][4]. Peningkatan limbah ini disebabkan oleh penggunaan terus menerus oleh usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM)[5]. Penggunaan bahan ini secara terus menerus dapat mengakibatkan peningkatan volume limbah yang berpotensi menjadi masalah lingkungan jangka panjang. Oleh karena itu, perlu adanya penanganan dan pengolahan pencemaran limbah agar meminimalisir timbulnya masalah, seperti memanfaatkannya menjadi bahan insulator, bahan baku kerajinan, dan bahan baku industri.

Bahan insulator merupakan komponen yang terbuat dari bahan non-konduktor dan memiliki sifat konduktivitas termal berfungsi untuk menghambat kalor [6]. Ketika terjadi perbedaan suhu antara lingkungan dengan sistem pada suatu benda, maka kalor akan mengalir dari suhu tinggi menuju suhu rendah [7]. Proses perpindahan ini disebut konduksi karena panas akan menyebar dari partikel-partikel benda tanpa mengubah sifat bahannya [8]. Perpindahan ini juga dipengaruhi oleh nilai konduktivitas termal suatu bahan. Nilai konduktivitas termal menunjukkan sifat suatu bahan atau zat, sehingga dapat membantu penentuan fungsi bahan yang akan digunakan. Semakin tinggi nilai konduktivitas termalnya bahan akan bersifat konduktor, sedangkan semakin rendah maka bahan bersifat isolator. Penelitian oleh Varzi (2022) menyatakan bahwa stirofoam dan ban karet memiliki daya perpindahan sebagai material isolator [9]. Bahan stirofoam dan ban karet memiliki sifat konduktivitas termal material isolasi, hal ini dapat digunakan pada *thermoelectric* karena berpengaruh dalam perpindahan panas sistem *thermoelectric* yang akan ditandai oleh nilai konduktivitas termal [10]. Pemanfaatan bahan-bahan bersifat isolasi termal, seperti keramik, kaca, stirofoam maupun ban karet dapat menghemat biaya proses pembuatan alat yang biasanya sangat mudah ditemukan baik dalam bentuk produk dan juga limbah. [11] mengatakan potensi yang menguntungkan dapat diperoleh dengan memanfaatkan limbah karet ban yang sudah tidak terpakai lagi. Selain dapat menghemat sumber daya alam, penambahan karet ban juga dapat meningkatkan kinerja dan potensi suatu bahan. [12] menegaskan beberapa keunggulan lain yang dapat diperoleh seperti kemudahannya dibentuk, ketahanan terhadap benturan, dan memiliki sifat insulasi termal yang baik diharapkan dapat dikembangkan menjadi bahan bangunan ramah lingkungan. Hal ini perlu didukung dengan pengujian sifat isolasi termal yang baik di setiap penambahan ketebalan material.

Proses pengujian bahan isolator pada penelitian ini yaitu menggunakan metode isolasi dengan stirofoam dan ban karet yang telah dimodifikasi dengan variasi ketebalan 1 cm, 3 cm, dan 5 cm pada botol plastik berisi air bersuhu 70 °C. Kemudian dilakukan pengamatan dengan variasi waktu 1 menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit pada setiap perlakuan. Meskipun telah dilakukan penelitian sebelumnya terkait kemampuan stirofoam dan ban karet terhadap perpindahan panas terdapat kesenjangan mengenai ketahanan stirofoam serta ban karet berdasarkan sifatnya sebagai isolator. Penelitian ini berupaya mengetahui ketahanan stirofoam dan ban karet dalam mengisolasi panas yang mungkin belum dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mengidentifikasi kemampuan ketahanan stirofoam dan ban karet tapi juga kemampuannya dalam mengisolasi panas. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kemampuan material stirofoam dan ban karet dalam mempertahankan panas dan sebagai isolator yang baik. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, Indonesia. Penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi pada bidang lingkungan terkhusus pada pemanfaatan limbah stirofoam dan limbah ban karet.

## BAHAN DAN METODE

Pada penelitian ini memanfaatkan limbah sebagai insulator termal, bahan yang digunakan yaitu styrofoam yang diperoleh dari lingkungan Universitas Islam Sulthan Thaha Saifuddin Jambi, limbah ban karet dari pengusaha bengkel motor, dan air. Alat yang digunakan yaitu botol plastik, *hot plate*, *thermometer*, pisau, dan lem. Tahapan pertama menetapkan ketebalan ban karet dan styrofoam yang akan dilapisi pada tumbler botol plastik dan menentukan pengukuran suhu setiap selang waktu. Ukuran ketebalan lapisan ban karet dan styrofoam yang digunakan 1, 3, dan 5 cm dibandingkan dengan botol plastik tanpa menggunakan bahan insulator. Menetapkan ketebalan bahan isolator mampu memperkecil *heat loss* dan menjamin keamanan saat pemanfaatannya [13]. Pengukuran dilakukan setiap 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30 menit sekali. Parameter pengambilan data disetiap waktu pengukuran selama 1 jam dapat diperoleh nilai acuan perpindahan panas suatu bahan [14]. Tahapan selanjutnya memanaskan air hingga suhu 70 °C menggunakan *hot plate*, lalu air dimasukkan ke dalam botol plastik dan ditutup rapat. langkah ini juga dilakukan pada botol plastik yang menggunakan bahan insulator. Tutup botol plastik diberi lubang yang akan disisipkan *thermometer*. Kemudian diamati dan dicatat perubahan suhu air setiap selang waktu yang ditentukan. Pemodelan tersebut terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pemodelan Ketebalan Lilitan Limbah (Dokumentasi Pribadi)

## HASIL DAN PEMBAHASAN (RESULTS AND DISCUSSION)

Keadaan botol plastik yang tidak dilapisi dengan material isolator termal mengakibatkan pelepasan panas kelilingan cukup besar. Hal ini ditandai dengan dinding botol plastik yang terasa panas ketika disentuh oleh tangan. Rasa panas terjadi dari hasil perubahan energi panas yang dimasukkan ke dalam sistem dikurangi kerja sistem [15]. Hasil dari pengujian termal pada material limbah dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Pengamatan Limbah Ban Karet

	1 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Tanpa Insulator	70 °C	69,5 °C	66 °C	65 °C	62,5 °C	61,5 °C	60 °C
1 cm	70 °C	68 °C	66 °C	65 °C	64 °C	63 °C	62 °C
3 cm	70 °C	69 °C	68 °C	67 °C	66 °C	65 °C	63 °C
5 cm	70 °C	68 °C	68 °C	67 °C	66 °C	65 °C	65 °C

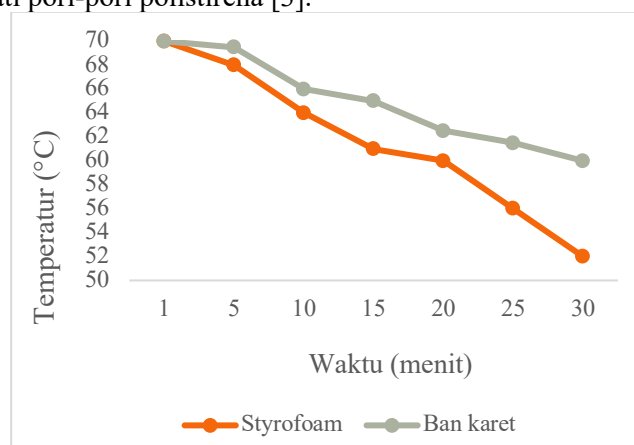
Pada Tabel 1 dapat diketahui data kemampuan limbah ban karet dalam menghambat perpindahan panas pada botol plastik. Pengamatan botol plastik tanpa insulator diperoleh perubahan suhu mulai dari 70 °C menjadi 60 °C. Kemampuan ini dipengaruhi oleh *ethylene* pada *polyethylene* yang terdapat pada ban

karet sehingga memiliki sifat termoplastik dan termoset. Ikatan fisika liner besar yang terdapat pada tempertur ruang berbentuk padat akan berubah bentuknya menjadi lebih tinggi sedangkan ikatan kimia mengubah fase komponen yang berbeda pada temperatur ruang [2]. Pada pengamatan botol plastik yang dililit 1 cm ban karet dihasilkan perubahan suhu dari 70 °C sampai 62 °C dan terjadi perpindahan panas kelingkungan ditandai dengan rasa panas. Kemudian, pengukuran suhu botol plastik yang dililit 3 cm ban karet dihasilkan perubahan suhu 70 °C menjadi 64 °C dan linkungan terasa hangat. Pengukuran terakhir, melilitkan ban karet dengan ketebalan 5 cm pada botol plastik diperoleh perubahan suhu 70 °C menjadi 65 °C setelah 30 menit percobaan. Hal ini menunjukkan kemampuan ban karet menahan panas sangat baik yang ditandai dengan penurunan selisih suhu disetiap penambahan ketebalan ban karet. Perubahan suhu diakibatkan adanya pergerakan molekul yang akan mengubah struktur air di dalamnya.

Tabel 2 Pengamatan Limbah Styrofoam

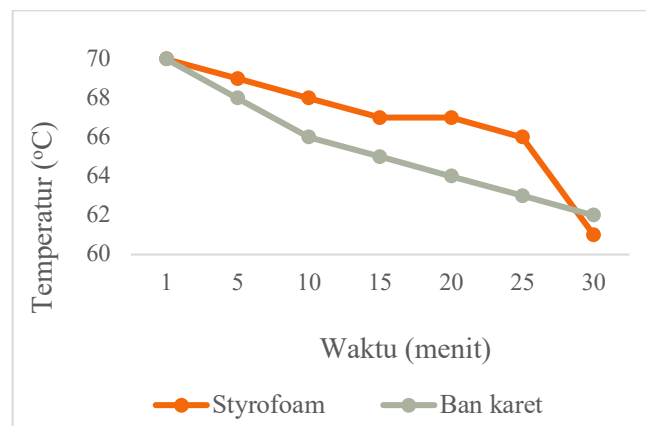
	1 menit	5 menit	10 menit	15 menit	20 menit	25 menit	30 menit
Tanpa Insulator	70 °C	68 °C	64 °C	61 °C	60 °C	56 °C	52 °C
1 cm	70 °C	69 °C	68 °C	67 °C	67 °C	66 °C	61 °C
3 cm	70 °C	70 °C	69 °C	69 °C	68 °C	68 °C	68 °C
5 cm	70 °C	70 °C	70 °C	69 °C	69 °C	69 °C	68 °C

Berdasarkan Tabel 2 terlihat data penurunan suhu yang terjadi pada botol plastik setelah dilapisi dengan styrofoam. Pada pengamatan tanpa insulator diperoleh data penurunan suhu mulai dari 70 °C sampai 52 °C. pada botol plastik yang dililit 1 cm styrofoam didapatkan data perubahan suhu 70 °C menjadi 61 °C. selanjutnya, pelapisan 3 cm styrofoam dihasilkan perubahan suhu dari 70 °C hingga 68 °C. Kemudian untuk ketebalan 5 cm styrofoam diperoleh perubahan suhu 70 °C menjadi 68 °C. Penambahan ketebalan styrofoam mampu menurunkan *heat loss* yang cukup besar. Hal ini ditandai dengan menurunnya selisih suhu yang signifikan pada pengamatan selama 30 menit. Kemampuan styrofoam ini dipengaruhi dari kerapatan polistirena yang tinggi menyebabkan ruang antara butirannya berisi udara sehingga dapat menghambat panas dengn baik. Penurunan panas setiap menitnya diakibatkan kemampuan uap air dalam fase gas melewati pori-pori polistirena [3].



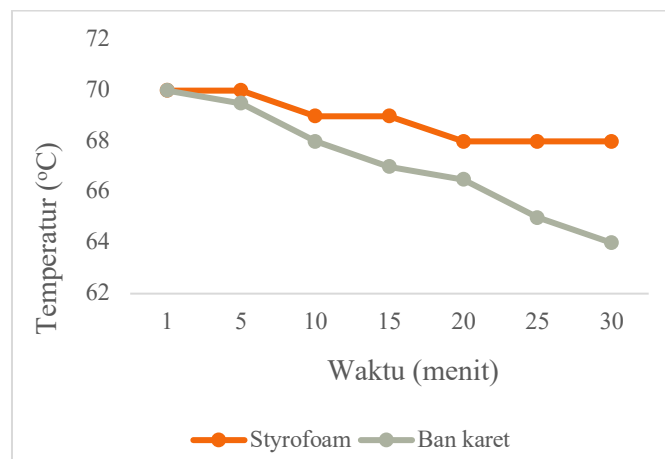
Gambar 2 Kurva Perbandingan Tanpa Isolator

Berdasarkan Gambar 2 hasil dari perbandingan kedua botol plastik tanpa isolator dalam mempertahankan suhu panas 70 °C yaitu menunjukkan kemampuan dalam menahan perpindahan panas serupa. Namun masih terdapat sedikit perbedaan. Hal ini bisa dipengaruhi oleh keadaan suhu ruang dan warna botol plastik. Suhu ruang dapat mempengaruhi tingkat efisiensi pelepasan panas sedangkan warna mampu mempengaruhi daya serap panas cahaya matahari [2]. Perbandingan rata-rata suhu styrofoam sebesar 61,57 °C dan ban karet sebesar 64,92 °C.



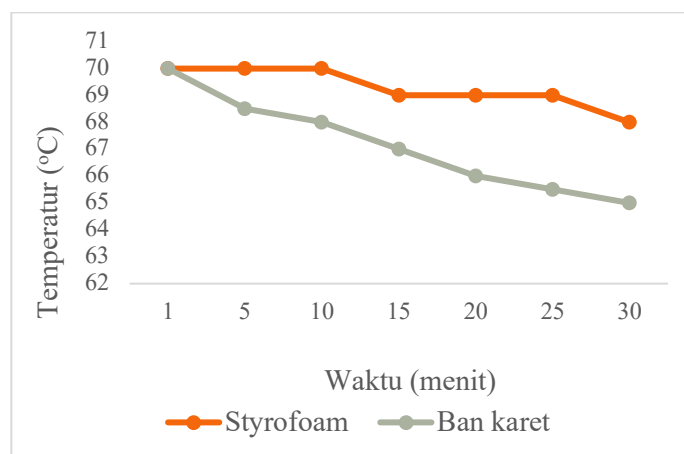
**Gambar 3 Kurva Perbandingan Ketebalan 1 cm**

Berdasarkan Gambar 3 hasil dari perbandingan menunjukkan kemampuan stirofoam dalam menahan perpindahan panas lebih baik dari ban karet ditandai dengan pengamatan suhu tiap selang waktu yang ditentukan. Kemampuan stirofoam mempertahankan panas  $67^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit berbeda dengan ban karet suhu menjadi  $65^{\circ}\text{C}$  ketika dilakukan pengukuran. Perubahan suhu pada ban karet cenderung menurun tetapi tidak spesifik. Rata-rata suhu stirofoam dan ban karet sebesar  $66,85^{\circ}\text{C}$  dan  $65,42^{\circ}\text{C}$ . Pelapisan kurang sempurna pada stirofoam yang seharusnya dapat menutup setiap rongga masuknya udara mengakibatkan semakin mudahnya terjadi perpindahan panas [4]. Hal ini ditandai dengan penurunan suhu stirofoam yang sangat signifikan pada pengukuran selama 30 menit.



**Gambar 4 Kurva Perbandingan Ketebalan 3 cm**

Berdasarkan Gambar 3 hasil dari perbandingan menunjukkan kemampuan stirofoam dalam menahan perpindahan panas lebih baik dari ban karet ditandai dengan pengamatan suhu tiap selang waktu yang ditentukan. Kemampuan stirofoam mempertahankan panas  $70^{\circ}\text{C}$  selama 5 menit berbeda dengan ban karet suhu menjadi  $69^{\circ}\text{C}$  ketika dilakukan pengukuran. Perubahan suhu pada ban karet cenderung menurun secara linear sedangkan pada stirofoam mampu mempertahankan suhu sehingga penurunan tidak terlalu signifikan. Diperoleh rata-rata suhu stirofoam : ban karet adalah  $68,85 : 66,85^{\circ}\text{C}$ .



**Gambar 5 Kurva Perbandingan Ketebalan 5 cm**

Gambar 5 hasil kurva perbandingan di atas, menguatkan bahwa kemampuan stirofoam dalam mengisolasi panas jauh berbeda dengan ban karet. Hal ini ditunjukkan dengan kemampuan stirofoam menahan panas 70 °C sampai menit ke-10 sedangkan ban karet mulai menunjukkan pada waktu 5-10 menit mampu mempertahankan suhu 68 °C. Rata-rata suhu menggunakan stirofoam sebesar 69,28 °C sedangkan nilai rata-rata suhu pada ban karet adalah 67 °C. Laju pendinginan air yang ditunjukkan dengan suhu awal air disetiap percobaannya mulai mengalami kehilangan panas. Kehilangan panas bertahap yang terjadi dilihat berdasarkan rata-rata kurva suhu disetiap spesimen percobaan. Tingginya rata-rata suhu yang dihasilkan maka nilai konduktivitas termalnya akan kecil sehingga material ini termasuk insulator baik. Hal ini juga menegaskan bahwa stirofoam lebih baik dari ban karet. Semakin besar suhu yang dihasilkan maka nilai konduktivitas termalnya kecil sehingga material tersebut dapat dikatakan insulator baik [16]. Komposisi stirofoam mudah dipotong, diremukkan, dan dipatah dapat memaksimalkan penutupan disetiap permukaan botol plastik yang merata mengakibatkan perpindahan panas akan terhambat secara sempurna. Dari data terakhir, kemampuan insulasi material dapat semakin baik apabila ketebalan lilitan pada botol plastik ditambahkan. Penambahan material juga dapat meningkatkan sifat insulasinya yang ditunjukkan suhu tetap maupun penurunan tidak signifikan eksperimen waktu. Daya rekat material yang tidak terlalu baik juga diketahui dapat menyebabkan menurunkan sifat insulasinya terutama pada material dengan potongan berbentuk persegi. Potongan material yang tidak beraturan lebih menguntungkan karena lebih dekat satu sama lain dan dapat menciptakan penghalang termal yang lebih baik [5].

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan untuk menentukan ketebalannya isolator termal yang terbaik antara stirofoam dan ban karet agar dapat memperkecil *heat loss* pada botol plastik, diketahui bahwa semakin tebal lapisan material maka tahanan termalnya akan meningkat sehingga mengakibatkan perpindahan panas kelilingan menurun. Perbandingan rata-rata suhu pada stirofoam lebih besar dari ban karet. Hal ini menunjukkan kemampuan stirofoam lebih baik dalam menahan panas. Pemakaian isolator termal berbahan ban karet dengan ketebalan antara 1-5 cm belum mampu menandingi kemampuan dalam menahan panas. Namun, ban karet juga dapat menjadi salah satu material insulator termal yang cukup baik ditandai dengan kemampuannya dalam menahan panas terus meningkat seiring penambahan ketebalan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Fakultas Sains dan Teknologi atas terlaksananya Mata Kuliah Kimia Zat Padat.

---

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] E. Riatmojo, Y. Nurchasanah, M. Solikin, M. Ujianto, “Pengaruh Material Karet dari Limbah Ban Bekas Sebagai Serat pada Beton Terhadap Sifat Mekanis,” pp. 143–145, 2023.
- [2] A. Purbasari, T. A. C. Darmaji, C. N. Sary, H. Kusumayanti, “Pembuatan dan Karakterisasi Komposit dari Styrofoam Bekas dan Serat Ijuk Aren,” *Metana*, vol. 15, no. 2, pp. 65–70, 2019,
- [3] P. Mulyah, D. Aminatun, S. S. Nasution, T. Hastomo, S. S. W. Sitepu, “Exploring Learners’ Autonomy In Online language-learning in Stai Sufyan Tsauri Majenang,” *Journal GEEJ*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [4] G. D. Gelyaman, R. E. Y. Adu, M. S. Batu, D. P. Benu, “Pelatihan Daur Ulang Sampah Plastik Menjadi Ecopaving bagi UKK Pemulung Desa Tublopo Kabupaten Timor Tengah Utara,” *J. Pengabdian Masy. MIPA dan Pendidik. MIPA*, vol. 8, no. 1, pp. 56–62, 2024.
- [5] P. S. Dinanti, S. A. Siregar, and F. E. Putri, “Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Perilaku Penggunaan Styrofoam sebagai Kemasan Makanan pada UMKM Sektor Makanan di Kota Jambi Factors Associated with the Behavior of Using Styrofoam as Food Packaging in MSMEs in the Food Sector in Jambi City Makanan,” vol. 8, no. 1, pp. 38–47, 2024.
- [6] M. Liu, P. Zhu, X. Yan, H. Li, and X. Chen, “The Application of Solid Waste in Thermal Insulation Materials: A Review,” *J Renew Mater*, vol. 12, no. 2, pp. 329–347, 2024.
- [7] W. Himawari, I. M. Y. Negara, I. Gusti, and N. Satriyadi, “Analisis Pengaruh Kontaminan pada Isolator Polimer Terhadap Karakteristik Partial Discharge dengan Menggunakan Termal,” vol. 13, no. 2, 2024.
- [8] L. Saoqibillah and A. Malik, “Analisis Pengaruh Suhu Terhadap Nilai Konduktivitas pada Perpindahan Panas Secara Konduksi Menggunakan Virtual Lab Amrita,” *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*, vol. 6, no. 1, 2024.
- [9] Vazri Muharom and Rifky, “Pengaruh Sifat Konduktivitas Termal Material Isolator (Kayu, Karet dan Stirofoam) Terhadap Perpindahan Panas dan Daya Keluaran Sistem Generator Thermoelectric,” *METALIK : Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik*, vol. 1, no. 1, pp. 8–15, 2022.
- [10] C. T. Andersen, “Keefektifan Styrofoam Sebagai Material Kulit Bangunan Menginsulasi Panas,” *Seminar Nasional AVoER 3*, pp. 161–168, 2011, [Online]. Available: [http://eprints.unsri.ac.id/124/1/Pages\\_from\\_Prosiding\\_Avoer\\_2011-19.pdf](http://eprints.unsri.ac.id/124/1/Pages_from_Prosiding_Avoer_2011-19.pdf)
- [11] A. Swilam, A. M. Tahwia, and O. Youssf, “Effect of Rubber Heat Treatment on Rubberized-Concrete Mechanical Performance,” *Journal of Composites Science*, vol. 6, no. 10, 2022.
- [12] Z. Pan, F. Liu, H. Li, X. Li, D. Wang, Z. Ling, H. Zhu, Y. Zhu, “Performance Evaluation of Thermal Insulation Rubberized Mortar Modified by Fly Ash and Glass Fiber,” *Buildings*, Vol. 14, No. 221, 2024.
- [13] D. Haryanto, A. Rosidi, M. Juarsa, S. Widodo, “Desain Isolator Termal pada Hotleg dan Coldleg FASSIP-02 Mod.01,” *Rotasi*, vol. 25, no. 2, pp. 70–76, 2023.
- [14] W. Widiyanto, Junaidi, and M. Taufiqurrahman, “Analisis Konduktivitas Termal Material Kaca Menggunakan Metode Lee’s Disc,” *Junaidi & Taufiqurrahman*, vol. 5, no. 1, pp. 73–77, 2023.
- [15] F. Maulida, F. Alatas, and D. Solehat, “Studi Literatur Miskonsepsi Pembelajaran Hukum I Termodinamika: Identifikasi Dan Solusi,” *Seminar Nasioanl FITK UIN Jakarta*, vol. 1, no. 1, pp. 170–180, 2024.
- [16] N. Setiawan, “Pengolahan dan Analisis Data,” *Jurnal Pendidikan*, vol. 1, no. 2, 2019.