

Konduktivitas thermal panel bulu ayam

Ansarullah Faharuddin^{1*}, Ahmad Nadhil Edar¹, Abdullah Basalamah², Gusti Hardyanti Musda¹

¹Program Studi Arsitektur

Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo KM. 5, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia. 90231

²Program Studi Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo KM. 5, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia. 90231

*E-mail: ansarullah.ansarullah@umi.ac.id

Abstrak: Perkembangan penduduk Indonesia setiap tahunnya yang semakin meningkat menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan hunian yang nyaman, membutuhkan material yang ekonomis dan menyerap panas. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian dengan memanfaatkan dan mengolah limbah bulu ayam yang pada umumnya tidak dimanfaatkan oleh masyarakat menjadi material panel. Penelitian bertujuan untuk mengolah limbah bulu ayam, menghasilkan material panel dinding yang mampu menahan panas dengan menganalisis konduktivitas termal panel yang telah dibentuk menjadi material dinding pada penelitian sebelumnya. Metode yang digunakan merupakan rekayasa eksperimental, sehingga dapat diaplikasikan sebagai material panel dinding dalam bidang arsitektur yang ringan, ekonomis dan ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panel mampu menyerap panas sebesar 10°C dengan nilai konduktivitas termal sebesar 0,7317 watt/m°C sehingga material panel bulu ayam dapat digunakan sebagai material tropis dan memenuhi kriteria sebagai material berkelanjutan.

Kata Kunci: bulu ayam, limbah, material, panel, termal

Abstract: The increase of Indonesia's population every year increases the need for comfortable housing, requiring materials that are economical and absorb heat. Therefore, researchers conducted research by utilizing and processing chicken feather waste which is generally unused by the community as panel material. The research aims to process chicken feather waste, producing wall panel material that can withstand heat by analyzing the thermal conductivity of panels that have been formed into wall material in previous research. The method used was experimental engineering so that it can be applied as a light, economical, and environmentally friendly wall panel material in the architectural field. The research results showed that the panels could absorb heat of 10°C with a thermal conductivity value of 0.7317 watts/m°C. Thus, the chicken feather panel material can be used as a tropical material and meets the criteria as a sustainable material.

Keywords: chicken feather, waste, material, panel, thermal

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan populasi penduduk terus meningkat di setiap tahunnya. Dengan populasi penduduk yang meningkat, kepadatan dan kesemrautan akan semakin terasa sehingga dapat berdampak kepada lingkungan di antaranya limbah (Sudrajat et al., 2017). Secara umum limbah merupakan bahan sisa hasil dari suatu kegiatan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri pertanian, peternakan dan sebagainya. Dengan adanya peningkatan penduduk maka akan berdampak pada meningkatnya kebutuhan lahan untuk menampung segala kegiatan. Salah satu kebutuhan lahan yang diperlukan penduduk adalah untuk perumahan yang

Cara Sitasi:

Faharuddin, A., Edar, A. N., Basalamah, A., Musda, G. H. (2024). Konduktivitas thermal panel bulu ayam. *Teknosains: Media Informasi dan Teknologi*, 18(2), 197-205. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v18i2.45930>

Diajukan 26 Februari 2024; Ditinjau 14 Juni 2024; Diterima 17 Desember 2024; Diterbitkan 08 Februari 2025

Copyright © 2025. The authors. This is an open access article under the CC BY-SA license

tentunya juga diiringi oleh kebutuhan akan fasilitas dan pelayanan sosial beserta prasarana lainnya diantaranya material bangunan (Hartadi, 2009).

Perkembangan material bangunan abad sekarang sangatlah pesat sehingga menuntut kita harus lebih ketat memilih dan mengolah material bangunan sesuai dengan teknologi yang ada. Penggunaan teknologi (baik tradisional maupun pabrik) bukan hanya sekedar mengetahui proses penggunaannya saja, melainkan harus mengetahui prinsip penggunaan teknologi tepat guna. Menjaga lingkungan yang asri, bersih dan tentunya membawa dampak sehat untuk semua elemen masyarakat. Bukan hanya menjaga lingkungan dan merawatnya, namun perlu adanya keselarasan antara lingkungan dan penggunaan teknologi bangunan. Kemajuan teknologi akibat dari kemajuan cara berpikir manusia terus berkembang sehingga menghasilkan pemikiran yang mampu menjadikan suatu konsep yang menguntungkan bagi manusia maupun lingkungan. Bahan bangunan ramah lingkungan saat ini sangat dibutuhkan untuk menjaga generasi masa depan yang menjadi tujuan mengurangi konsumsi energi, emisi maupun sampah atau limbah agar terciptanya bumi yang nyaman (Imran, 2016).

Meningkatnya perhatian terhadap resiko kesehatan dan lancarnya isu penggunaan material ramah lingkungan, sehingga banyak penelitian yang mencoba mengungkap akan hal material daur ulang. Salah satu fokus peneliti adalah limbah bulu ayam yang dihasilkan tempat pemotongan ayam, karena dapat menimbulkan masalah terhadap pencemaran lingkungan, bau yang tidak enak, dapat menjadi sumber penyakit. Limbah bulu ayam menjadi bahan yang realistis dipertimbangkan sebagai bahan utama penelitian pembuatan material dinding panel karena ketersediaannya yang melimpah, dan secara kontinyu peneliti terus melakukan penelitian dan mengembangkan eksperimen, penelitian awal telah diselidiki penggunaan limbah bulu ayam dan sebagai bahan baku pembuatan panel akustik (Ansarullah et al., 2017). Teknologi dan metode pembuangan diperlukan untuk mengurangi ancaman terhadap lingkungan (Thyagarajan et al., 2013).

Setiap material atau bahan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Setiap bahan memiliki sifat yang berbeda-beda mulai dari sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimiawi. Sifat fisis yaitu sifat yang dimiliki suatu bahan yang dapat kita amati secara langsung, sedangkan untuk mengetahui sifat mekanik dan kimiawinya itu tidak bisa dilihat secara langsung, maka haruslah dilakukan percobaan untuk mengetahui sifat mekanik dan kimiawinya. Suatu bahan memiliki sifat penghantaran panas yang berbeda ada yang bersifat konduksi, konveksi dan radiasi. Untuk mengetahui seberapa cepat dan seberapa besar suhu yang dapat berubah pada sebuah benda dapat menghantarkan panas seberapa besar suhu yang dapat berubah pada bahan itu maka kita harus mengetahui konduktivitas termal bahan tersebut (Okzama & Arwizet, 2019).

Karakteristik material yang berhubungan dengan termal sangat menentukan keberhasilan jumlah panas yang dipindahkan atau jumlah panas yang berhasil diisolasi yang dikenal dengan istilah konduktivitas panas. Nilai konduktivitas panas (k) adalah salah satu variabel di dalam persamaan perpindahan panas konduksi. Konduktivitas panas tersebut nilainya antara satu material dengan material lainnya berbeda-beda. Nilai konduktivitas panas terbesar untuk logam adalah aluminium yakni 200 W/moC (Wuryanti & Iriani, 2018) dan terkecil adalah nano partikel 10% vol CuNWs (Zhu et al., 2016). Sedangkan untuk memperoleh laju perpindahan panas yang makin besar diperlukan material dengan nilai konduktivitas lebih besar.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan dan mengelola limbah bulu ayam menjadi bahan panel dinding dengan menganalisis tingkat penyerapan panas bahan atau nilai konduktivitas

termal bahan tersebut. Hasil penelitian dapat dijadikan acuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang bahan panel dinding bangunan pada umumnya dan bidang arsitektur dan penyelamatan lingkungan pada khususnya. Selain itu juga berkontribusi dalam mengatasi permasalahan limbah bulu ayam dalam pemanfaatannya sebagai material yang ramah lingkungan, ringan dan ekonomis sebagai material dinding dalam penerapannya di bidang arsitektur.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada di bulan Agustus-September tahun 2023. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muslim Indonesia dan bekerja sama dengan distributor ayam pedaging sebagai penyedia bahan baku limbah bulu ayam yang kemudian dibentuk menjadi bahan panel dinding dan kemudian diukur tingkat penyerapan panas atau panas dari panel tersebut. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, yaitu merupakan metode penelitian yang menekankan pada pengukuran objektif. Teknik perhitungan kuantitatif dilakukan secara matematis, sehingga diperoleh kesimpulan yang berparameter. Metode pengukuran menggunakan beberapa tahapan yaitu studi literatur, percobaan pembuatan panel, uji materi dan pembahasan hasil penelitian.

Pada penelitian ini dilakukan metode penelitian yaitu dengan menggunakan alat ukur termal. Tahap penelitian diawali dengan pembuatan beberapa sampel panel yang terbuat dari bahan limbah bulu ayam, dimana bahan bulu ayam ini sangat mudah didapat, cukup datang ke tempat pemotongan ayam untuk memesan limbah ayam yang disembelih. Penelitian ini fokus pada masalah perpindahan panas pada empat sampel bahan bangunan berupa panel bulu ayam yang telah ditentukan. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif karena merupakan penelitian dengan datanya merupakan sesuatu yang dapat dihitung yang kemudian diolah dengan menggunakan rumus konduktivitas. Hasil yang diperoleh dari pengukuran suhu bahan yang diuji akan menghitung konvensi laju perpindahan panas dari udara ke dinding kemudian menghitung konvensi laju perpindahan panas dari dinding ke udara kemudian memasukkan rumus konduktivitas bahan.

Tahap penelitian diawali dengan pembuatan beberapa sampel panel yang terbuat dari bahan limbah bulu ayam. Pertama, mengumpulkan limbah bulu ayam dari distributor ayam broiler di Makassar. Kedua, mencuci dan membersihkan kotoran dan darah sisa bulu ayam yang terkumpul dengan cairan pewangi. Ketiga, bulu-bulu tersebut direndam dalam formalin untuk membunuh segala jenis kuman yang terkandung dalam limbah. Keempat, bulu yang sudah dicuci dijemur. Kemudian, bulu ayam yang sudah kering digiling halus dengan mesin penggiling. Setelah bahan baku bulu, perekat berupa semen putih dan air siap, maka segala perlengkapan dan perkakas untuk proses pembuatan panel telah disiapkan. Terakhir, panel yang telah terbentuk, dilakukan pengujian tingkat konduktivitas termal bahan panel bulu ayam dengan kelengkapan alat uji termal di laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Analisis pengujian konduktivitas pada panel bulu ayam terdiri dari dua tahapan, yaitu pengujian dengan alat uji tes termal dan pengolahan data. Setiap tahapan diuraikan sebagai berikut:

- a. Pengujian dengan alat uji termal, dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan mengenai perpindahan kalor pada bahan bangunan dengan mengandalkan studi

pendahuluan yang berkaitan dengan penelitian. Adapun urutan pengujian konduktivitas termal panel bulu ayam sebagai berikut:

1. Mempersiapkan panel bulu ayam dengan bentuk persegi 2,4 cm x 2,4 cm dengan ketebalan 0,9 cm (Gambar 1).



Gambar 1. Potongan panel bulu ayam

2. Mempersiapkan alat pendukung pengujian, yaitu jangka sorong, alat pengukur konduktivitas dan ponsel (Gambar 2).



Jangka sorong



Alat ukur konduktivitas



Ponsel

Gambar 2. Alat pendukung pengujian konduktivitas termal

3. Melakukan pengukuran pada bahan yang telah disediakan selama 2 menit (Gambar 3).



Gambar 3. Proses pengukuran konduktivitas bahan

4. Merekam hasil pengukuran yang terjadi dengan kamera ponsel.
5. Mencatat hasil pengukuran yang telah dilakukan.

b. Pengolahan Data

Adapun material yg digunakan adalah terdiri dari 4 buah material uji yang mempunyai dimensi material yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Dimensi material uji

Material	Ukuran Panel (m)			Luas (m ²)
	Panjang	Lebar	Tebal	
Panel Bulu Ayam	0,024	0,024	0,009	0,000576



Gambar 4. Materil uji panel bulu ayam

Berdasarkan hasil pengukuran temperatur yang dilakukan menggunakan alat pengukur konduktivitas selama 2 menit. Nilai yang didapat dari masing-masing sampel panel bulu ayam ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran temperatur pada sampel material uji

Sampel	Temperatur Udara Luar (T1)	Temperatur Dinding Luar (T2)	Temperatur Dinding Dalam (T3)	Temperatur Udara Ruang (T4)
A	92,3°C	60,9°C	28,2°C	26,9°C
B	158,6°C	46,4°C	28,4°C	27,7°C
C	132,8°C	46,5°C	27,9°C	27,2°C
D	113°C	47,65°C	29,8°C	27,8°C

Selanjutnya, untuk memahami pengaruh suhu terhadap nilai absorpsi dan konduktivitas termal, maka hubungannya diuraikan sebagai berikut.

$$RT = R_1 + R_2$$

$$R_1 = \frac{x_1}{k_1 A} \quad R_2 = \frac{x_2}{k_2 A}$$

Keterangan:

- A = Luas penampang bahan (0,000576 m)
- k₁ = Konduktivitas termal kuningan (110 w/m²°C)
- k₂ = Konduktivitas material (w/m²°C)
- x₁ = Tebal/jarak k₁ (0,096 m)
- x₂ = Tebal/jarak k₂ (0,009 m)
- RT = Total absorpsi k₁
- R₁ = Nilai absorpsi k₁
- R₂ = Nilai absorpsi k₂
- T1 = Temperatur udara luar bangunan (°C)
- T2 = Temperatur dinding luar (°C)

- T3 = Temperatur dinding dalam (°C)
- T4 = Temperatur udara dalam bangunan (°C)
- Q = Lajur perpindahan kalor (watt)

Maka hasil perhitungan yang didapat dari tiap sampel dapat dijabarkan pada uraian di bawah ini.

Sampel A

$$q_1 = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{k_1 \cdot A}{x_1} (T_1 - T_2)$$

$$= 20,7 \text{ watt}$$

$$k_2 = \frac{q_1 \cdot x_2}{A(T_2 - T_3)}$$

$$= 9,9 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Kesetimbangan : $q = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$ atau, $q = \frac{k_1 A}{x_1} (T_1 - T_2) = \frac{k_2 A}{x_2} (T_3 - T_4)$

Jadi $\frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$
 $20,9 = 20,7$

Dibulatkan menjadi **20,8 watts**.

Sampel B

$$q_1 = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{k_1 \cdot A}{x_1} (T_1 - T_2)$$

$$= 67,45 \text{ watt}$$

$$k_2 = \frac{q_1 \cdot x_2}{A(T_2 - T_3)}$$

$$= 61 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Kesetimbangan: $q = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$

Jadi $\frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$
 $68,1 = 70,3$

Dibulatkan menjadi **69,2 watts**.

Sampel C

$$q_1 = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{k_1 \cdot A}{x_1} (T_1 - T_2)$$

$$= 57 \text{ watt}$$

$$k_2 = \frac{q_1 \cdot x_2}{A(T_2 - T_3)}$$

$$= 46,4 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Kesetimbangan: $q = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$

Jadi, $\frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$
 $57,5 = 54,7$

Dibulatkan menjadi **56,1 watts**.

Sampel D

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{k_1 \cdot A}{x_1} (T_1 - T_2) \\ &= 43,23 \text{ watt} \\ k_2 &= \frac{q_1 \cdot x_2}{A(T_2 - T_3)} \\ &= 39 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Kesetimbangan:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_1} = \frac{T_2 - T_3}{R_2}$$

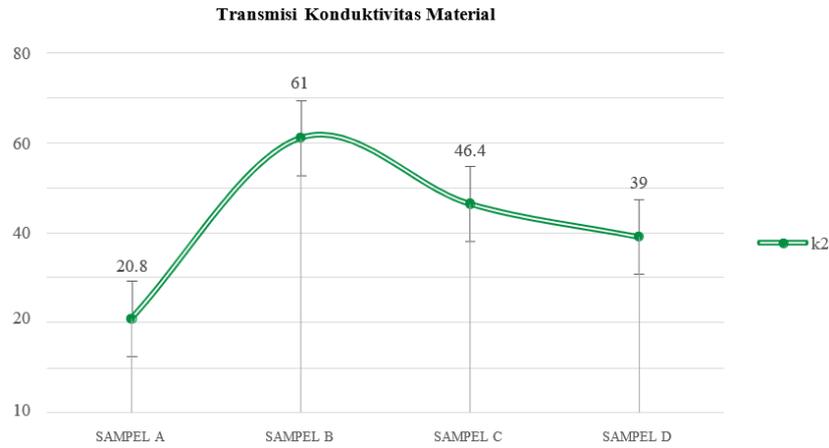
Jadi

$$\begin{aligned} \frac{T_1 - T_2}{R_1} &= \frac{T_2 - T_3}{R_2} \\ 43,7 &= 44,6 \end{aligned}$$

Dibulatkan menjadi **44,15 watts**.

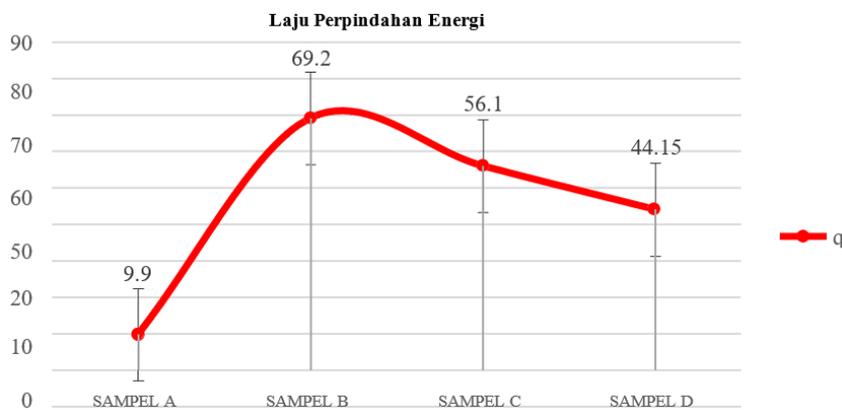
Produk panel yang dihasilkan dengan memanfaatkan partikel-partikel material dan sekaligus mengikatnya dengan suatu perekat merupakan papan partikel. Bentuk dan ukuran partikel akan berpengaruh terhadap kekuatan dan stabilisasi dimensi papan partikel. Papan partikel adalah salah satu jenis produk komposit atau panel material yang terbuat dari partikel-partikel material atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lain kemudian dikempa panas (Maloney, 1977). Sehubungan dengan hal tersebut, bulu ayam memiliki sifat unik termasuk kerapatan relatif rendah dan sifat isolasi termal dan akustik yang baik (Kock, 2006). Limbah bulu ayam dapat menimbulkan dampak penurunan kualitas tanah karena limbah ini sulit terdegradasi di lingkungan akibat adanya keratin atau protein fibrous berupa serat, limbah bulu ayam resisten terhadap perombakan atau degradasi dan merupakan masalah yang serius di lingkungan (Apriyanti, 2018).

Konduktivitas termal sendiri dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah suhu, kepadatan dan porositas dan kandungan uap air (Alim et al., 2017) (Bustomi & Ghofur, 2021) (Sembiring, 2017). Suhu memiliki pengaruh yang sangat kecil, namun tetap saja dikatakan bahwa suhu memiliki pengaruh terhadap konduktivitas (Supu et al., 2016). Selain itu, konduksi termal akan meningkat seiring meningkatnya kandungan kelembapan suatu benda. Dari hasil olah data yang diperoleh, perbandingan konduktivitas material dan perbandingan lajur perpindahan energi pada sampel panel bulu ayam ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik perbandingan konduktivitas material

Hubungan antara konduktivitas material dan temperatur ditunjukkan pada Gambar 5. A, B, C, dan D adalah nama sampel material yang berbeda yang diwakili oleh empat kurva. Sumbu X menunjukkan suhu dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) dan sumbu Y menunjukkan konduktivitas. Secara umum, konduktivitas material meningkat seiring dengan temperatur. Hal ini karena jumlah elektron bebas yang tersedia untuk membawa arus listrik meningkat seiring dengan temperatur. Namun, keempat sampel material tersebut menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Sampel A menunjukkan bahwa konduktivitas meningkat secara linear dengan suhu. Ini menunjukkan bahwa bahan ini berfungsi dengan baik sebagai konduktor. Sedangkan Sampel B mempunyai konduktivitas yang meningkat secara eksponensial dengan temperatur, menunjukkan bahwa material ini adalah semikonduktor.



Gambar 6. Grafik perbandingan perpindahan energi

Temperatur, konduktivitas termal, dan luas permukaan adalah komponen yang mempengaruhi perpindahan energi (Eswanto, 2023). Gambar 6 menampilkan empat sampel (A, B, C, dan D) dengan laju perpindahan energi antara mereka. Sampel A dan B dan Sampel C dan D diukur pada dua kondisi berbeda. Bagian X menunjukkan sampel, dan bagian Y menunjukkan laju perpindahan energi dalam satuan joule per detik (J/s). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Sampel A dan B memiliki tingkat perpindahan energi tertinggi, yang menunjukkan perpindahan energi yang lebih cepat dibandingkan dengan Sampel C dan D; Sampel C dan D juga memiliki tingkat perpindahan energi yang

lebih rendah, yang menunjukkan perpindahan energi yang lebih lambat dibandingkan dengan Sampel A dan B.

KESIMPULAN

Pengolahan limbah bulu ayam menjadi panel merupakan salah satu solusi untuk mengurangi produksi limbah rumah potong ayam dan secara tidak langsung menyelamatkan lingkungan. Panel terbentuk dengan baik jika limbah bulu ayam yang sudah dicuci bersih dicincang halus sehingga memudahkan proses pembentukan panel pada media cetak yang telah disiapkan. Pengadukan untuk ketiga unsur pembuat panel dengan komposisi 70% bulu ayam : 25% semen putih (*skim coat*) dan 120% air dengan penambahan lem PVAc 5% sebagai pelarut dikalikan massa jenis bulu ayam 0,4. Panel yang sudah jadi diaplikasikan pada ruang sekat yang telah dirancang dan telah dianalisa daya tahan panasnya, mampu menahan panas sebesar 10°C dengan nilai konduktivitas termal sebesar 0,7317 watt/m°C sehingga material panel bulu ayam dapat digunakan sebagai material tropis dan memenuhi kriteria sebagai material berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansarullah, A., Rahim, R., & Kusno, A. (2017). Potensi limbah bulu ayam menjadi material panel dinding akustik. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2017*, 45–48. <https://doi.org/10.32315/ti.6.h045>.
- Apriyanti, E. (2018). Efek sentra pemotongan ayam terhadap kesehatan lingkungan masyarakat permukiman. *Jurnal Green Growth dan Manajemen Lingkungan*, 7(1), 35–50. <https://doi.org/10.21009/jgg.071.03>.
- Bustomi, F., & Ghofur, A. (2021). Uji konduktivitas termal komposit poliester filler serbuk kayu ulin (*Eusideroxylon zwageri*). *JTAM Rotary*, 3(2), 233–244. https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v3i2.4367.
- Eswanto, E. (2023). *Pindah Panas 1* (1st ed). Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Hartadi, A. (2009). Kajian Kesesuaian Lahan Perumahan Berdasarkan Karakteristik Fisik Dasar Di Kota Fakfak. *Thesis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Imran, M. (2016). Material konstruksi ramah lingkungan. *Radial*, 6(2), 146–157. <https://doi.org/10.37971/radial.v6i2.173>.
- Kock, J. W. (2006). Physical and Mechanical Properties of Chicken Feather Materials. *Thesis*. United State: Georgia Institute of Technology.
- Maloney, T. M. (1977). *Modern Particleboard and Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. San Fransisco: Miller Freeman Publications Inc.
- Alim, M. I., Mardiana, D., Dwi, A. A., & Anggoro, D. (2017). Uji Konduktivitas Termal Material Non Logam. *Laporan Praktikum*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Okzama, R., & Arwizet, K. (2019). Pembuatan dan pengujian alat uji konduktivitas termal bahan. *Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 1(4), 906–913.
- Sembiring, R. N. & G. (2017). Pengaruh variasi tekanan dan temperatur uap air terhadap konduktivitas termal bahan fibreglass dan asbestos. *POLIMEDIA*, 20(4), 59–66.
- Sudrajat, M. A., Liando, D., & Sampe, S. (2017). Implementasi kebijakan pengelolaan sampah dan retribusi pelayanan kebersihan di Kota Manado. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Supu, I., Usman, B., Basri, S., & Sunarmi, S. (2016). Pengaruh suhu terhadap perpindahan panas pada material yang berbeda. *Dinamika*, 07(1), 62–73.
- Thyagarajan, D., Barathi, M., & Sakthivadivu, R. (2013). Scope of poultry waste utilization. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 6(5), 29–35. <https://doi.org/10.9790/2380-0652935>
- Wuryanti, S., & Iriani, P. (2018). Investigasi Experimental konduktivitas panas pada berbagai logam. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.24198/jiif.v2i1.14467>.
- Zhu, D., Yu, W., Du, H., Chen, L., Li, Y., & Xie, H. (2016). Thermal conductivity of composite materials containing copper nanowires. *Journal of Nanomaterials*, 2016, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2016/3089716>.