

## Pengaruh Variasi *High Density Polyethylene* (HDPE) dan Rumput Teki (*Cyperus Rotundus L*) Terhadap Radiasi Matahari Pada Genteng Komposit Polimer

Muhammad Fakhri Hamzah<sup>1</sup>, Fahrudin Fahrudin<sup>2\*</sup> dan Fitri Wahyuni<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Progam Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Jalan. RS Fatmawati Pondok Labu, Jakarta Selatan, 12450

\*E-mail: [fahrudin@upnvj.ac.id](mailto:fahrudin@upnvj.ac.id)

Diajukan: 31-01-2024; Direvisi: 27-08-2024; Dipublikasi: 31-08-2024

### Abstrak

Penggunaan plastik yang tinggi dan minimnya pengolahan sampah plastik menyebabkan timbulan sampah plastik di Indonesia yang tinggi. Salah satu solusi untuk mengendalikan timbulan sampah plastik yaitu dengan mengurangi pembuangan serta memaksimalkan penggunaan. upaya untuk memaksimalkan penggunaan plastik yaitu dengan mendaur ulang sampah plastik menjadi genteng komposit polimer. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variasi komposisi *High Density Polyethylene* (HDPE) dan rumput teki (*Cyperus Rotundus L*) dengan perlakuan alkali terhadap nilai perpindahan panas radiasi pada genteng komposit. Sebelum dikeringkan dan dipotong menjadi serat-serat pendek, rumput teki direndam dalam larutan NaOH 5% selama empat jam. Serat-serat tersebut kemudian dilapisi dengan matriks HDPE untuk membuat empat jenis komposit yang berbeda dengan komposisi berat serat rumput teki masing-masing 0%, 10%, 15%, dan 20%. Pengujian termal dilakukan dengan menggunakan pengujian paparan radiasi matahari langsung. Hasil pengujian paparan radiasi matahari menunjukkan temperatur permukaan atas dan bawah genteng komposit tertinggi terdapat pada komposisi serat 0% sebesar 47,4°C, 42,8°C dan yang terendah pada komposisi serat 20% sebesar 46,6°C, 41,6°C dari pengamatan paparan radiasi matahari terdapat temperatur paling tinggi pada jam 11:00 WIB. Penelitian menunjukkan semakin bertambahnya komposisi serat rumput teki maka panas yang dihasilkan pada genteng komposit semakin rendah.

**Kata kunci:** HDPE ; Komposit ; Perpindahan Panas Radiasi ; Rumput Teki

### Abstract

The high use of plastic and the lack of plastic waste processing cause high plastic waste generation in Indonesia. One solution to control the generation of plastic waste is to reduce disposal and maximize use. efforts to maximize the use of plastic is by recycling plastic waste into polymer composite roof tiles. This research aims to study the effect of variations in the composition of *High Density Polyethylene* (HDPE) and teki grass (*Cyperus Rotundus L*) with alkali treatment on the value of radiation heat transfer in composite roof tiles. The teki grass fibers were soaked in 5% NaOH solution for 4 hours and then dried and cut to get short fibers and then stacked with HDPE matrix to form four types of composites with a weight composition of teki grass fibers of 0%, 10%, 15%, and 20%, respectively. Thermal testing was carried out using direct solar radiation exposure testing. The results of the solar radiation exposure test show that the highest surface temperature of the top and bottom of the composite tile is found in the 0% fiber composition of 47.4°C, 42.8°C and the lowest in the 20% fiber composition of 46.6°C, 41.6°C from the observation of solar radiation exposure there is the highest temperature at 11:00 WIB. The research shows that the more the teki grass fiber composition increases, the lower the heat generated in the composite roof tile.

**Keywords:** : Composite ; HDPE ; Radiation Heat Transfer ; Teki Grass

### 1. Pendahuluan

Masyarakat masih sering menggunakan plastik dalam kehidupan sehari-hari, seperti pembungkus makanan, botol air mineral, dan peralatan makan. Hal ini menyebabkan timbunan sampah plastik di Indonesia yang tinggi. Pembuangan sampah sembarangan oleh masyarakat juga berkontribusi pada bencana dan kerusakan lingkungan. Di Indonesia sampah plastik mencapai 6.340.505,35 ton per tahun pada tahun 2022 [1]. Plastik memiliki bahan yang elastis, tahan air, tahan lama atau tidak mudah hancur. Salah satu solusi untuk mengendalikan timbulan sampah plastik yaitu dengan

mengurangi pembuangan serta memaksimalkan penggunaan [2]. Genteng komposit polimer adalah salah satu produk yang telah dikembangkan dari plastik daur ulang dalam upaya memaksimalkan penggunaan plastik.

Komposit dibuat dengan menggabungkan dua atau lebih bahan untuk menciptakan bahan yang lebih kuat dan tahan lama [3]. Komposit memiliki sifat yang menguntungkan seperti pengurangan berat, peningkatan kekuatan, dan ketahanan terhadap korosi. komposit dapat dirancang untuk memenuhi persyaratan geometris, struktural, mekanik, kimia [4]. Matriks biasanya bersifat ulet, lembut, dan mengikat, sedangkan serat bersifat elastis dan memiliki kekuatan tarik yang cukup besar tetapi tidak dapat digunakan pada suhu tinggi [5]. Material komposit diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu *Natural* dan *Synthetic fiber composites* [6]. *Natural fiber* adalah serat yang berasal dari tumbuhan salah satu contohnya yaitu serat dari tebu, akasia, nanas, dan sisal. beberapa serat sintetis terbuat dari *polypropylene* (PP), *polyester* (PET), *polyethylene* (PE), *glass*, *nylon*, *steel*, dan *polyvinyl alcohol* (PVA) [7]. Penggunaan komposit sudah sangat berkembang karena memiliki banyak keunggulan dari bahan lainnya, salah satu perkembangan penggunaan komposit yaitu sebagai bahan pembuatan genteng. Dalam konstruksi, genteng adalah komponen yang paling penting untuk atap. Kegunaan utama genteng adalah untuk menahan terik matahari dan juga guyuran air hujan. permukaan atap memiliki paparan radiasi matahari tertinggi. Perolehan panas melalui atap rumah tinggal terutama dalam bentuk radiasi menyumbang sekitar 50% hingga 70% dari total perolehan panas ke dalam ruang [8].

Penelitian mengenai genteng komposit polimer sudah banyak dilakukan seperti penelitian terdahulu mengenai penambahan *polypropylene* dan *low density polyethylene* pada *wood plastic composite* terhadap sifat fisik dan mekanik pada genteng ramah lingkungan. Pengisi komposit yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah PP, LDPE, dan serbuk kayu. Penelitian ini menemukan bahwa dibandingkan dengan menggunakan plastik PP, komposit yang dibuat dengan bahan LDPE memiliki kekuatan mekanik dan karakteristik fisik yang lebih unggul [9]. Terdapat juga penelitian pemanfaatan sampah plastik dan kaca bekas sebagai bahan pembuatan genteng komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan beban lentur, serta tingkat penyerapan air dan panas. Hasil dari penelitian ini menunjukkan genteng dengan bahan limbah plastik dan kaca menghasilkan daya lentur sebesar 6.355,31N, sedangkan untuk pengujian penyerapan air menghasilkan 0,5% dan untuk pengujian penyerapan panas menghasilkan 77,63% [10]. Selain itu, terdapat penelitian yang telah dilakukan terhadap genteng komposit polimer yang diperkuat dengan serat pisang. Meningkatkan kekuatan mekanik material dengan menggunakan polimer *polypropylene* dan diperkuat dengan serat pisang adalah tujuan dari penelitian ini. Pencampuran *polypropylene* dilakukan dengan mesin ekstruder dengan variasi komposisi yang digunakan adalah 10%, 20%, dan 30%. pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin *Thermogravimetric Analysis* (TGA). Hasil dari penelitian menunjukkan terjadi degradasi pada suhu 240 sampai dengan 400°C dan pengurangan kekuatan 50% dari *polypropylene* murni [11].

Penggunaan polimer sebagai bahan genteng komposit memiliki keunggulan seperti tahan terhadap cuaca tropis, tidak berkarat, kuat, ringan, dan juga ramah lingkungan. Namun belum ada penelitian mengenai pengujian termal dengan paparan radiasi matahari langsung terhadap genteng komposit polimer yang menggunakan bahan dasar berupa limbah plastik *High density polyethylene* HDPE yang berkuat serat alam berupa rumput teki (*Cyperus rotundus L*). Serat alam digunakan sebagai pengganti serat sintetis dalam pembuatan genteng komposit polimer memberikan beberapa keuntungan, seperti tidak berbahaya bagi lingkungan, mudah didapat dan lebih murah. Menggunakan limbah HDPE merupakan upaya untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang menumpuk dan membuat genteng yang ramah lingkungan. *High density polyethylene* (HDPE) sangat tahan lama dan tahan terhadap cuaca ekstrem termasuk sinar matahari, panas, dan dingin [12]. Hasil uji tarik plastik HDPE tergolong keras, ringan, memiliki tingkat penyerapan air yang rendah serta memiliki daya regang yang baik [13]. sedangkan rumput teki digunakan sebagai penguat dikarenakan jumlahnya yang melimpah dan sering dijumpai di daerah tropis sebagai gulma dilahan pertanian [14].

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi *High density polyethylene* HDPE dan rumput teki (*Cyperus rotundus L*) terhadap nilai perpindahan panas genteng komposit polimer ketika terpapar radiasi matahari secara langsung. Pergerakan energi sebagai akibat dari perubahan suhu disebut sebagai perpindahan panas [15]. Dalam proses perpindahan panas, perpindahan panas radiasi merupakan perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui media atau material perantara [16]. Nilai untuk perpindahan panas diperoleh berdasarkan variasi komposisi HDPE dan rumput teki (*Cyperus rotundus L*) melalui pengujian paparan radiasi matahari langsung dengan mengukur temperatur permukaan atas dan bawah genteng komposit.

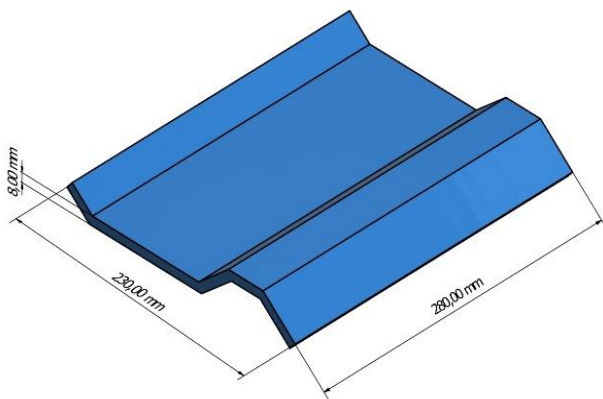
## 2. Material dan metodologi

Pada penelitian ini, pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimental, proses pengambilan data dimulai pada bulan November 2023 hingga bulan Januari 2024 yang meliputi, studi literatur persiapan bahandan pengujian termal. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu perbandingan fraksi volume Serat rumput teki (0%, 10%, 15%, dan 20% ) dengan HDPE yang ditulis dengan variasi I, II, III, dan IV yang terdapat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Komposit

| Variasi | HDPE (%) | RUMPUT TEKI (%) |
|---------|----------|-----------------|
| I       | 100      | 0               |
| II      | 90       | 10              |
| III     | 85       | 15              |
| IV      | 80       | 20              |

variabel terikat dalam penelitian ini berupa dimensi panjang = 280 mm, lebar = 230 mm dan tebal = 8 dari sampel genteng komposit yang digunakan terdapat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Dimensi Genteng Komposit HDPE dan Rumput Teki



**Gambar 2.** Skema Pengujian Radiasi Matahari Pada Genteng Komposit

Rumput teki yang digunakan sudah diberikan perlakuan alkali 5% selama 4 jam untuk menghilangkan *lignin* dan dapat memperkuat ikatan serat [17], serta pengujian genteng komposit polimer HDPE dan rumput teki dilakukan dengan paparan radiasi matahari langsung dengan sudut genteng sebesar 30° yang dilakukan di Gedung Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, Kec. Limo, Kota Depok, Jawa Barat. Pengambilan data dilaksanakan dalam satu minggu berturut-turut setiap satu jam mulai dari pukul 10.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB. Data yang terkumpul meliputi data temperatur genteng menggunakan pengukur temperatur berupa DS18B20 pada

permukaan atas dan bawah genteng komposit polimer di mana output dari pengukuran temperatur akan didapatkan dalam bentuk *excel*. Skema pengambilan data temperatur permukaan atas dan bawah pada genteng komposit polimer terdapat pada gambar 2.

Dari hasil pengujian paparan radiasi matahari langsung selama 7 jam didapatkan perbedaan temperatur permukaan atas dan bawah genteng maka untuk nilai perpindahan panas radiasi dapat dihitung menggunakan persamaan laju kalor radiasi pada kondisi *steady state* sebagai berikut:

$$p = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot \Delta T^4 \quad (1)$$

Dimana  $p$  adalah laju kalor radiasi (J/s),  $\varepsilon$  adalah emisivitas benda,  $\sigma$  adalah konstanta Stefan-Boltzman ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{k}^4$ ),  $A$  adalah luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ ),  $\Delta T$  adalah perubahan suhu (K).

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Dari pengolahan data akan disajikan dalam bentuk grafik yang menjelaskan hubungan antara variabel yang diteliti. Berdasarkan grafik tersebut, akan didapatkan hasil dan kesimpulan dari penelitian tersebut.

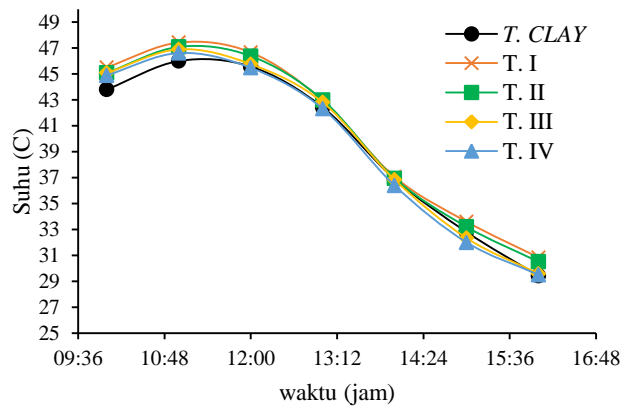
### 3. Hasil dan pembahasan

Dengan menggunakan metode penelitian berupa eksperimen paparan radiasi matahari langsung yang dilakukan selama satu minggu maka didapatkan data temperatur dan grafik dengan hasil data rata-rata perjam. Data tersebut berupa temperatur permukaan atas genteng atas dan temperatur permukaan bawah dari genteng tanah liat dan sampel yang dituliskan dengan T.Clay adalah temperatur genteng tanah liat, T.I adalah temperatur sampel I, T.II adalah temperatur sampel II, T.III adalah temperatur sampel III, dan T.IV adalah tempeartur sampel IV seperti pada tabel 2.

**Tabel 2.** Rata- Rata Temperatur Permukaan Genteng (C)

| JAM                            | RATA-RATA TEMPERATUR ATAS (C) |      |       |        |       |
|--------------------------------|-------------------------------|------|-------|--------|-------|
|                                | T. CLAY                       | T. I | T. II | T. III | T. IV |
| 10:00                          | 43,8                          | 45,5 | 45,1  | 45,1   | 44,9  |
| 11:00                          | 46,0                          | 47,4 | 47,1  | 46,9   | 46,6  |
| 12:00                          | 45,6                          | 46,7 | 46,4  | 45,8   | 45,5  |
| 13:00                          | 42,4                          | 43,0 | 43,0  | 42,8   | 42,3  |
| 14:00                          | 36,9                          | 37,1 | 36,9  | 36,8   | 36,4  |
| 15:00                          | 32,8                          | 33,6 | 33,2  | 32,3   | 32,0  |
| 16:00                          | 29,4                          | 30,8 | 30,5  | 29,6   | 29,5  |
| RATA-RATA TEMPERATUR BAWAH (C) |                               |      |       |        |       |
| 10:00                          | 40,6                          | 41,4 | 41,0  | 40,8   | 40,3  |
| 11:00                          | 42,9                          | 42,8 | 42,3  | 42,0   | 41,6  |
| 12:00                          | 43,0                          | 42,8 | 42,3  | 41,6   | 41,1  |
| 13:00                          | 40,3                          | 39,3 | 39,3  | 39,0   | 38,4  |
| 14:00                          | 35,9                          | 35,4 | 35,1  | 35,1   | 34,3  |
| 15:00                          | 32,0                          | 32,7 | 31,9  | 31,5   | 31,0  |
| 16:00                          | 28,7                          | 30,3 | 29,5  | 28,8   | 28,8  |

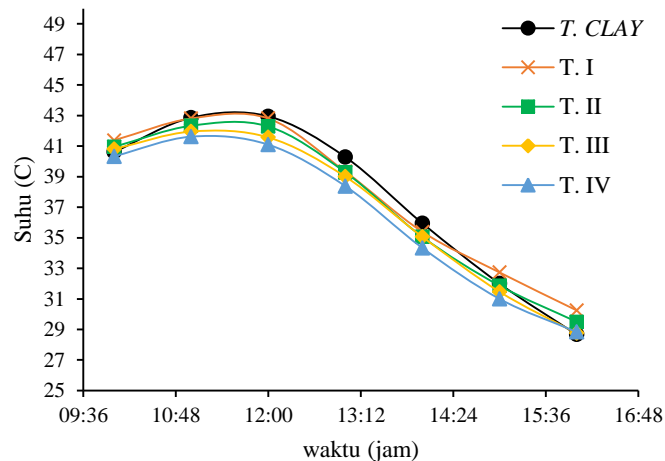
Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan mulai dari pukul 10:00 sampai dengan 16:00 WIB maka untuk distribusi rata-rata temperatur pada permukaan atas genteng tanah liat dan sampel keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Distribusi Temperatur Permukaan Atas (C)

Berdasarkan gambar 3 untuk distribusi rata-rata temperatur permukaan atas pada genteng tanah liat dan sampel keseluruhan, nilai rata-rata temperatur pada setiap sampel komposit HDPE dan rumput teki tertinggi yaitu  $47,4^{\circ}\text{C}$  pada sampel I dengan komposisi 0% serat rumput teki dan terendah  $46,6^{\circ}\text{C}$  pada sampel IV dengan komposisi 20% serat rumput teki, sedangkan jika dibandingkan dengan genteng tanah liat rata-rata temperatur permukaan atas masih lebih rendah  $46^{\circ}\text{C}$  pada pukul 11:00 WIB. Rata-rata temperatur permukaan atas terendah selama pengamatan terjadi pada pukul 16:00 WIB yaitu terdapat pada sampel IV sebesar  $29,5^{\circ}\text{C}$ , namun jika dibandingkan dengan genteng tanah liat memiliki rata-rata temperatur permukaan atas lebih rendah yaitu  $29,4^{\circ}\text{C}$ .

Hasil pengamatan yang telah dilakukan mulai dari pukul 10:00 sampai dengan 16:00 WIB maka untuk distribusi rata-rata temperatur pada permukaan bawah genteng tanah liat dan sampel keseluruhan dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Distribusi Temperatur Permukaan Bawah (C)

Berdasarkan gambar 4 untuk distribusi rata-rata temperatur permukaan bawah pada genteng tanah liat dan sampel keseluruhan dalam satu minggu, nilai rata-rata temperatur pada setiap sampel komposit HDPE dan rumput teki tertinggi yaitu  $42,8^{\circ}\text{C}$  pada sampel I dengan komposisi 0% serat rumput teki dan terendah  $41,6^{\circ}\text{C}$  pada sampel IV dengan komposisi 20% serat rumput teki, sedangkan jika dibandingkan dengan genteng tanah liat rata-rata temperatur permukaan bawah masih lebih tinggi  $43,0^{\circ}\text{C}$  pada pukul 11:00 WIB. Rata-rata temperatur permukaan bawah terendah selama pengamatan terjadi pada pukul 16:00 WIB yaitu terdapat pada sampel IV sebesar  $28,8^{\circ}\text{C}$  namun jika dibandingkan dengan genteng tanah liat memiliki rata-rata temperatur permukaan bawah lebih rendah yaitu  $28,7^{\circ}\text{C}$ .

Dari hasil data penelitian menunjukkan bahwa temperatur atas dan bawah tertinggi terdapat pada sampel I dengan komposisi 0% rumput teki. Sedangkan untuk temperatur terendah terdapat pada sampel IV dengan komposisi 20% rumput teki. Untuk laju radiasi pada genteng tanah liat dan sampel dapat dihitung menggunakan persamaan (1) sehingga didapatkan hasil dalam tabel 3.

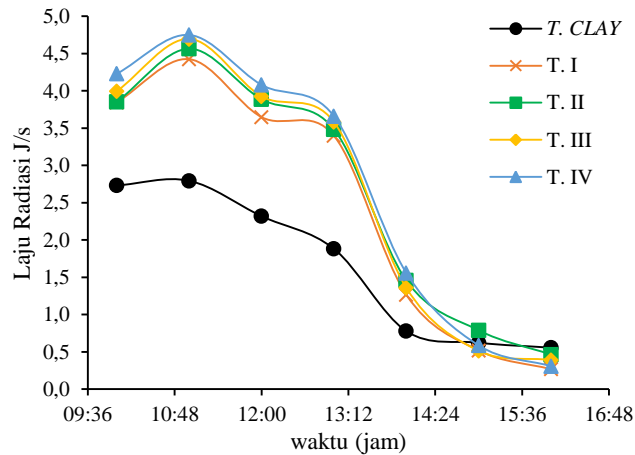
**Tabel 3.** Rata-rata Laju Radiasi Genteng (J/s)

| SAMPEL         | JAM   | T. ATAS (C) | T. BAWAH (C) | LAJU RADIASI (J/S) |
|----------------|-------|-------------|--------------|--------------------|
| <b>T. CLAY</b> | 10:00 | 43,8        | 40,6         | 2,7                |
|                | 11:00 | 46,0        | 42,9         | 2,8                |
|                | 12:00 | 45,6        | 43,0         | 2,3                |
|                | 13:00 | 42,4        | 40,3         | 1,9                |
|                | 14:00 | 36,9        | 35,9         | 0,8                |
|                | 15:00 | 32,8        | 32,0         | 0,6                |
|                | 16:00 | 29,4        | 28,7         | 0,6                |
| <b>T. I</b>    | 10:00 | 45,5        | 41,4         | 3,8                |
|                | 11:00 | 47,4        | 42,8         | 4,4                |
|                | 12:00 | 46,7        | 42,8         | 3,6                |
|                | 13:00 | 43,0        | 39,3         | 3,4                |
|                | 14:00 | 37,1        | 35,4         | 1,3                |
|                | 15:00 | 33,6        | 32,7         | 0,5                |
|                | 16:00 | 30,8        | 30,3         | 0,3                |
| <b>T. II</b>   | 10:00 | 45,1        | 41,0         | 3,9                |
|                | 11:00 | 47,1        | 42,3         | 4,6                |
|                | 12:00 | 46,4        | 42,3         | 3,9                |
|                | 13:00 | 43,0        | 39,3         | 3,5                |
|                | 14:00 | 36,9        | 35,1         | 1,5                |
|                | 15:00 | 33,2        | 31,9         | 0,8                |
|                | 16:00 | 30,5        | 29,5         | 0,5                |
| <b>T. III</b>  | 10:00 | 45,1        | 40,8         | 4,0                |
|                | 11:00 | 46,9        | 42,0         | 4,7                |
|                | 12:00 | 45,8        | 41,6         | 3,9                |
|                | 13:00 | 42,8        | 39,0         | 3,6                |
|                | 14:00 | 36,8        | 35,1         | 1,4                |
|                | 15:00 | 32,3        | 31,5         | 0,5                |
|                | 16:00 | 29,6        | 28,8         | 0,4                |
| <b>T. IV</b>   | 10:00 | 44,9        | 40,3         | 4,2                |
|                | 11:00 | 46,6        | 41,6         | 4,7                |
|                | 12:00 | 45,5        | 41,1         | 4,1                |
|                | 13:00 | 42,3        | 38,4         | 3,7                |
|                | 14:00 | 36,4        | 34,3         | 1,6                |
|                | 15:00 | 32,0        | 31,0         | 0,6                |
|                | 16:00 | 29,5        | 28,8         | 0,3                |

Pada tabel 3 terlihat bahwa hasil dari perhitungan laju radiasi diperoleh menggunakan persamaan laju radiasi serta berdasarkan perbedaan rata-rata temperatur permukaan atas dan bawah dalam satu minggu pada genteng tanah liat dan, sampel I, sampel II, sampel III, dan sampel IV. Dari tabel tersebut didapatkan grafik untuk perbedaan laju radiasi dari masing-masing sampel pada gambar 5.

Berdasarkan gambar 5 untuk laju radiasi rata-rata pada genteng tanah liat dan sampel keseluruhan, nilai rata-rata laju radiasi pada setiap sampel komposit HDPE dan rumput teki tertinggi yaitu 4,7J/s pada sampel IV dengan komposisi 20% serat rumput teki dan rata-rata laju radiasi terendah 4,4J/s pada sampel I dengan komposisi 0% serat rumput teki. sedangkan jika dibandingkan dengan genteng tanah liat rata-rata laju radisi lebih rendah 2,8J/s pada pukul 11:00 WIB.

Untuk rata-rata laju radiasi terendah selama pengamatan terjadi pada pukul 16:00 WIB yaitu terdapat pada sampel IV sebesar 0,3J/s namun jika dibandingkan dengan genteng tanah liat memiliki rata-rata laju radiasi lebih tinggi yaitu 0,6J/s.



**Gambar 5.** Rata-rata Laju Radiasi (J/s)

Berdasarkan hasil penelitian paparan radiasi matahari secara langsung terhadap sampel genteng komposit polimer maka temperatur tertinggi yang didapatkan pada genteng komposit yaitu terjadi pada pukul 11:00 WIB. Hal ini sesuai dengan kurva produksi matahari yang menunjukkan titik maksimum terdapat pada siang hari yaitu pukul 11:00 [18].

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian termal, maka dapat disimpulkan variasi komposisi sampel HDPE dan Rumpuk teki memberikan pengaruh yang signifikan terhadap suhu permukaan atas dan bawah genteng saat terpapar radiasi matahari secara langsung. Dengan demikian, pada komposisi dengan jumlah rumpuk teki yang lebih kecil, suhu yang dihasilkan pada permukaan atas dan bawah genteng komposit cenderung lebih tinggi, sedangkan jika komposisi dengan jumlah rumpuk teki yang lebih besar, suhu yang dihasilkan pada permukaan atas dan bawah genteng cenderung lebih rendah. Berdasarkan laju radiasi yang dihasilkan maka untuk nilai laju radiasi tertinggi pada sampel HDPE dan rumpuk teki tertinggi terdapat pada komposit dengan HDPE dan serat rumpuk teki 20% dan terendah terdapat pada komposit dengan HDPE dan serat rumpuk teki 0%.

#### Daftar Pustaka

- [1] Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan 2023
- [2] Nyika J, Dinka M. Recycling plastic waste materials for building and construction Materials: A minireview. Mater Today Proc 2022;62:3257–62. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.226>.
- [3] Carey JP. 1 - Introduction to braided composites. In: Carey JP, editor. Handbook of Advances in Braided Composite Materials, Woodhead Publishing; 2017, p. 1–21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100369-5.00001-5>
- [4] Egbo MK. A fundamental review on composite materials and some of their applications in biomedical engineering. Journal of King Saud University - Engineering Sciences 2021;33:557–68. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.07.007>

- [5] Gibson RF. Principles of Composite Material Mechanics. CRC Press; 2007. <https://doi.org/10.1201/9781420014242>
- [6] Sumithra G, Reddy RN, Dheeraj Kumar G, Ojha S, Jayachandra G, Raghavendra G. Review on composite classification, manufacturing, and applications. Mater Today Proc 2023. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.637>.
- [7] Begum K, Islam MdA. Natural fiber as a substitute to synthetic fiber in polymer composites: A review. Research Journal of Engineering Sciences 2013;2:46–53.
- [8] Farhan TsDrSA, Ismail F, Kiwan O, Shafiq N, Husna N, Abd Hamid AI. Effect of Roof Tile Colour on Heat Conduction Transfer, Roof-Top Surface Temperature and Cooling Load in Modern Residential Buildings under the Tropical Climate of Malaysia. Sustainability 2021;13:4665. <https://doi.org/10.3390/su13094665>
- [9] Rohman Sidik. Studi Pengaruh Penambahan Polypropylene Dan Low Density Polyethylene Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Wood Plastic Composite Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan. <https://RepositoryItsAcId/> 2018.
- [10] Jalil AR. Inovasi Genteng Komposit Dengan Menggunakan Plastik Dan Kaca Bekas (Innovation Of Composite Roof Using Used Plastic And Glass) 2018
- [11] Yenny A-T, Brandon S, Carolina C. Residual composite materials with applications in the industry of the construction. J Phys Conf Ser, vol. 1541, 2020. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1541/1/012005>
- [12] Murat BIS, Kamaluzaman MS, Azman MHN, Misroh MF. Assessment of Mechanical Properties of Recycled HDPE and LDPE Plastic Wastes. IOP Conf Ser Mater Sci Eng 2020;957:012046. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/957/1/012046>.
- [13] Hakim MI, Nur'aini Fida. Skripsi–Tk 141581 Pengolahan Limbah Plastik Dengan Metode Mix Plastic Softening Agregate Untuk Meningkatkan Ketahanan Dan Kualitas Aspal Beton (Laston) Ramah 2018.
- [14] Sivapalan S, Jeyadevan P. Physico-Chemical And Phyto-Chemical Study Of Rhizome of Cyperus rotundus LINN. International Journal of Pharmacology and Pharmaceutical Technology 2017:42–6. <https://doi.org/10.47893/IJPPT.2017.1022>.
- [15] Incropera FP, DeWitt DP, Bergman TL, Lavine AS. Fundamentals of heat and mass transfer. vol. 6. Wiley New York; 1996.
- [16] Ganji DD, Sabzehmeidani Y, Sedighiamiri A. Chapter 3 - Radiation Heat Transfer. In: Ganji DD, Sabzehmeidani Y, Sedighiamiri A, editors. Nonlinear Systems in Heat Transfer, Elsevier; 2018, p. 105–51. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812024-8.00003-5>.
- [17] Millenio Z, Paundra F, Yudhistira HT, Pujiyulianto E, Prabowo I. Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit Serat Rumpun Teki. Journal of Applied Mechanical Technology 2022;1:10–5. <https://doi.org/10.31884/jamet.v1i1.5>.
- [18] Shafa N, Rhakasywi D, Fahrudin F. Analysis on The Influence of Sollar Irradiation And Rotational Speed of Centrifugal Submersible Pumps Efficiency in Solar Water Pump Systems Technology. Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education 2023;5:159–73. <https://doi.org/10.35877/454RI.asci2070>