

TUGAS AKHIR

ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS SISTEM ATAP BERONGGA BERBAHAN SERAT SEKAM PADI DAN FIBER GLASS

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

TEDY ADITIA DARMAWAN
1807230162



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Tedy Aditia Darmawan
NPM : 1807230162
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis Laju Perpindahan Panas Sistem Atap
Berongga Berbahan Serat Sekam Padi dan Fiber
Glass
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 September 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Affandi S.T., M.T

Dosen Penguji II



Arya Rudi Nasution S.T., M.T

Dosen Penguji III



Sudirman Lubis S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua,

Chandra Siregar S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Tedy Aditia Darmawan
Tempat /Tanggal Lahir : Desa Batu Anam/14 Febuari 2000
NPM : 1807230162
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Laju Perpindahan Panas Sistem Atap Berongga Berbahan Serat Sekam Padi Dan Fiber Glass”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 18 September 2022

Saya yang menyatakan,



Tedy Aditia Darmawan

ABSTRAK

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material penyusun yang digabungkan dalam skala mikroskopis, dengan maksud untuk mendapatkan sebuah bahan material baru yang memiliki sifat unggul dari materi penyusunnya, dan mengurangi sifat kelemahan dari materi penyusunnya. Penelitian kali ini menggunakan serat sekam padi sebagai bahan utama. Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Sabana (2021) mengenai serat sekam padi yang dibuat menjadi sebuah kotak coolbox mendapatkan hasil bahwa tingkat konduktivitas termal dari serat sekam padi bernilai rendah hanya berkisar 5,932 W/mK. Berdasarkan perolehan ini dapat dinilai bahwa serat sekam padi dapat menjadi salah satu bahan isolator dalam menghantarkan panas. Maka dari itu pada penelitian kali ini serat sekam padi diolah menjadi sebuah atap komposit berongga. Atap berongga adalah sebuah atap alternatif yang didesain memiliki rongga didalamnya dengan tujuan dapat mengurangi panas matahari yang akan masuk ke dalam ruangan. Dengan bahan dasar komposit sekam padi, proses kerjanya yaitu fluida air dialirkan ke dalam rongga yang terdapat di atap. Air yang berada di dalam atap akan menyerap panas matahari sehingga panas matahari yang masuk ke dalam ruangan tidak terlalu besar dan suhu di dalam ruangan menjadi lebih stabil. Selama air menyerap panas matahari terjadi perpindahan panas yang akan dihitung secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Perhitungan dilakukan berdasarkan data temperatur yang diambil pada setiap jam selama tujuh hari. Hasil data menunjukkan rata-rata perpindahan panas yang terjadi selama tujuh hari sebagai berikut, konduksi 160,49 J/s, konveksi ada dua data yaitu pada atap timur dan barat, atap timur 155,37 J/s, atap barat 39,08 J/s, dan secara radiasi 0,0070 J/s. Dapat disimpulkan bahwa pengujian atap berongga ini sangat bergantung pada kondisi cuaca seperti, tingkat intensitas matahari, dan kecepatan angin.

Kata kunci : Atap Berongga, Komposit, Konduksi, Konveksi, Radiasi.

ABSTRACT

Composites are a combination of two or more constituent materials which are combined on a microscopic scale, with the aim of obtaining a new material that has superior properties from the constituent material, and reduces the weak properties of the constituent material. This study used rice husk fiber as the main ingredient. A study conducted by Sabana (2021) regarding rice husk fiber made into a coolbox found that the thermal conductivity level of low-value rice husk fiber was only around 5.932 W/mK. Based on these results, it can be judged that rice husk fiber can be an insulating material in conducting heat. Therefore, in this study, rice husk fibers were processed into a hollow composite roof. A hollow roof is an alternative roof designed to have a cavity in it with the aim of reducing solar heat that will enter the room. With the basic material of rice husk composite, the working process is that the water fluid is flowed into the cavity contained in the roof. The water inside the roof will absorb the sun's heat so that the sun's heat that enters the room is not too large and the temperature in the room becomes more stable. As long as water absorbs solar heat, heat transfer occurs which will be calculated by conduction, convection, and radiation. Calculations were made based on temperature data taken every hour for seven days. The data results show the average heat transfer that occurs for seven days as follows, conduction 160.49 J/s, convection there are two data, namely on the east and west roofs, the east roof 155.37 J/s, the west roof 39.08 J /s, and radiationally 0.0070 J/s. It can be concluded that the testing of this hollow roof is highly dependent on weather conditions such as the level of sun intensity, and wind speed.

Keywords : Hollow Roof, Composite, Conduction, Convection, Radiation.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Laju Perpindahan Panas System Atap Berongga Berbahan Serat Sekam Padi” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T, selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis: Ponidi dan Sumarijah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis: Baihaqi Azuir, Budi Kurniawan, Agung Arwana.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan

pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 14 September 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tedy Aditia Darmawan', written in a cursive style.

Tedy Aditia Darmawan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Pengertian Atap	4
2.2. Komposit	5
2.3. Klasifikasi Komposit	5
2.3.1 Unsur-unsur Utama Pembentuk Komposit	8
2.4. Perpindahan Panas	9
2.4.1. Perpindahan Panas Secara Konduksi	10
2.4.2. Perpindahan Panas Secara Radiasi	12
2.4.3. Perpindahan Panas Secara Konveksi	13
2.5. Sekam Padi	14
BAB 3 METODE PENELITIAN	17
3.1. Tempat dan Waktu	17
3.1.1. Tempat Penelitian	17
3.1.2. Waktu Penelitian	17
3.2. Persiapan Alat dan Bahan	17
3.2.1. Alat	17
3.2.2. Bahan	21
3.3. Bagan Alir Penelitian	23
3.4. Rancangan Alat penelitian	24
3.4.1. Rancangan Atap Berongga Serat Sekam Padi	24
3.5. Prosedur Pembuatan Atap Berongga	24
3.6. Prosedur Penelitian	24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Data Hasil Pengujian	27
4.1.1. Data Temperatur Harian	27
4.1.2. Data Intensitas Matahari	34
4.2. Pembahasan Data Hasil Pengujian	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Desain Atap Berongga	4
Gambar 2.2	Continous Fiber Composite	6
Gambar 2.3	Woven Fiber Composite	6
Gambar 2.4	Chopped Fiber Composite	6
Gambar 2.5	Hybrid Composite	7
Gambar 2.6	Partikule Composite	7
Gambar 2.7	Laminates Composite	8
Gambar 2.8	Sekam Padi	14
Gambar 3.1	Laptop	18
Gambar 3.2	Atap Komposit	18
Gambar 3.3	Sensor Thermocouple	18
Gambar 3.4	Alat Ukur Thermocouple	19
Gambar 3.5	Sensor Intensitas Cahaya Matahari	19
Gambar 3.6	Alat Ukur Intensitas Cahaya Matahari(Luxmeter)	19
Gambar 3.7	Sensor Ds 180b20	20
Gambar 3.8	Panel Kontrol	20
Gambar 3.9	Anemometer	20
Gambar 3.10	Pompa Air	21
Gambar 3.11	Sekam Padi	21
Gambar 3.12	Resin	22
Gambar 3.13	Katalis	22
Gambar 3.14	Bagan Alir	23
Gambar 3.15	Atap Berongga	24
Gambar 4.1	Grafik Data Hari Pertama	28
Gambar 4.2	Grafik Data Hari Kedua	29
Gambar 4.3	Grafik Data Hari Ketiga	30
Gambar 4.4	Grafik Data Hari Keempat	31
Gambar 4.5	Grafik Data Hari Kelima	32
Gambar 4.6	Grafik Data Hari Keenam	33
Gambar 4.7	Grafik Data Hari Ketujuh	34
Gambar 4.8	Grafik Intensitas Matahari	35
Gambar 4.9	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Pertama	37
Gambar 4.10	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Kedua	38
Gambar 4.11	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketiga	40
Gambar 4.12	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Keempat	41
Gambar 4.13	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Kelima	43
Gambar 4.14	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Keenam	44
Gambar 4.15	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketujuh	46
Gambar 4.16	Grafik Perpindahan Panas Konduksi Total	47
Gambar 4.17	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Pertama	48
Gambar 4.18	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Kedua	50
Gambar 4.19	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketiga	51
Gambar 4.20	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Keempat	53
Gambar 4.21	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Kelima	54
Gambar 4.22	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Keenam	56
Gambar 4.23	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketujuh	57

Gambar 4.24	Grafik Perpindahan Panas Konveksi Total	58
Gambar 4.25	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Pertama	59
Gambar 4.26	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Kedua	61
Gambar 4.27	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketiga	62
Gambar 4.28	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Keempat	64
Gambar 4.29	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Kelima	65
Gambar 4.30	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Keenam	67
Gambar 4.31	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketujuh	68
Gambar 4.32	Grafik Perpindahan Panas Radiasi Total	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat Mekanik Dari Beberapa Jenis Serat	9
Tabel 2.2	Komposisi Kimia Sekam Padi	15
Tabel 3.1	Waktu Penelitian	17
Tabel 4.1	Data Hari Pertama	27
Tabel 4.2	Data Hari Kedua	28
Tabel 4.3	Data Hari Ketiga	29
Tabel 4.4	Data Hari Keempat	30
Tabel 4.5	Data Hari Kelima	31
Tabel 4.6	Data Hari Keenam	32
Tabel 4.7	Data Hari Ketujuh	33
Tabel 4.8	Data Intensitas Matahari	35
Tabel 4.9	Perpindahan Panas Konduksi Hari Pertama	36
Tabel 4.10	Perpindahan Panas Konduksi Hari Kedua	38
Tabel 4.11	Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketiga	39
Tabel 4.12	Perpindahan Panas Konduksi Hari Keempat	41
Tabel 4.13	Perpindahan Panas Konduksi Hari Kelima	42
Tabel 4.14	Perpindahan Panas Konduksi Hari Keenam	44
Tabel 4.15	Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketujuh	45
Tabel 4.16	Perpindahan Panas Konduksi Total	46
Tabel 4.17	Perpindahan Panas Konveksi Hari Pertama	48
Tabel 4.18	Perpindahan Panas Konveksi Hari Kedua	49
Tabel 4.19	Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketiga	51
Tabel 4.20	Perpindahan Panas Konveksi Hari Keempat	52
Tabel 4.21	Perpindahan Panas Konveksi Hari Kelima	54
Tabel 4.22	Perpindahan Panas Konveksi Hari Keenam	55
Tabel 4.23	Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketujuh	57
Tabel 4.24	Perpindahan Panas Konveksi Total	58
Tabel 4.25	Perpindahan Panas Radiasi Hari Pertama	59
Tabel 4.26	Perpindahan Panas Radiasi Hari Kedua	60
Tabel 4.27	Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketiga	62
Tabel 4.28	Perpindahan Panas Radiasi Hari Keempat	63
Tabel 4.29	Perpindahan Panas Radiasi Hari Kelima	65
Tabel 4.30	Perpindahan Panas Radiasi Hari Keenam	66
Tabel 4.31	Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketujuh	68
Tabel 4.32	Perpindahan Panas Radiasi Total	69

DAFTAR NOTASI

Q = Laju Perpindahan Panas	(J/s)
k = Konduktivitas Thermal	(W/m.k)
A = Luas Permukaan	(m ²)
ΔT = Perbedaan Suhu	(°C)
d = Ketebalan Benda	(m)
e = Emisivitas	-
σ = Konstanta Boltzman	-
T = Suhu	(°C)
h = Koefisien Konveksi	(W/m ² K)
Nu = Bilangan Nusselt	-
Pr = Bilangan Prandl	-
Pr = Bilangan Reynold	-
T_r = Temperatur Atap	(°C)
T_u = Temperatur Udara	(°C)
$T_{sky} = T_u - 6$	(°C)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Atap adalah salah satu bagian terpenting dari sebuah bangunan. Fungsi atap yang utama adalah sebagai penutup bagi sebuah bangunan atau rumah, seiring dengan berkembangnya teknologi fungsi dari atap juga semakin berkembang, salah satunya adalah sebagai media penyerap cahaya matahari. Penelitian ini akan melakukan uji coba pembuatan atap komposit berbahan sekam padi sebagai media penyerapan panas matahari dengan harapan dapat mengurangi tingkat intensitas cahaya matahari yang akan masuk kedalam ruangan sehingga suhu diruangan dapat lebih stabil.

Komposit adalah pada dasarnya material komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk mikroskopis. Pengisi dapat berbentuk partikel kecil atau serat. Saat ini bahan komposit yang diperkuat oleh serat merupakan bahan teknik yang paling banyak digunakan karena memiliki kekuatan spesifik yang jauh lebih kuat dibanding bahan teknik lainnya (M Yani, Faisal Lubis, 2018).

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh (Sabana, 2021) terhadap komposit sekam padi yang dibuat menjadi sebuah *Coolbox* (kotak pendingin ikan) menunjukkan hasil yang baik. Dimana *Coolbox* yang terbuat dari komposit sekam padi memiliki nilai konduktivitas thermal dengan angka $5,932 \text{ W/m}^\circ\text{K}$, sedangkan pada aluminium untuk nilai konduktivitas thermalnya berada pada angka $200 \text{ W/m}^\circ\text{K}$. Berdasarkan data angka tersebut dapat dinyatakan bahwa komposit sekam padi memiliki potensial untuk dijadikan sebagai bahan isolator panas.

Melihat adanya peluang tersebut maka dari itu pada penelitian ini dilakukan sebuah inovasi dengan menjadikan komposit sekam padi sebagai bahan utama pada pembuatan atap. Diharapkan atap ini akan memiliki sifat-sifat yang lebih baik dari atap yang terbuat dari logam/aluminium, terutama pada tingkat isolator. Atap ini nanti akan sedikit diberi modifikasi pada bagian dalamnya dengan diberikan rongga-rongga yang akan dialiri oleh fluida (cooling water) dengan tujuan agar energi panas yang terserap oleh atap akan didinginkan oleh fluida didalamnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Edi Prianto dan Agung Dwiyanto,2013) mengenai profil penutup atap genteng beton dalam efisiensi konsumsi energi listrik pada skala rumah tinggal, memberikan hasil yang signifikan dalam mengurangi panas udara eksterior yang masuk ke dalam ruangan. Hal ini dicapai dengan melakukan penggunaan konfigurasi selubung bangunan(pemilihan penutup atap). Tujuan utama dilakukannya penelitian ini adalah untuk menurunkan panas yang bersumber dari atap. Penelitian lain yang dilakukan untuk meningkatkan tingkat kenyamanan penghuni adalah dengan melakukan perbaikan pada selubung rumah, ventilasi, material dan lain-lain (Remon Lapisa et al. 2019, Remon Lapisa, Bozonnet, et al. 2018; R. Lapisa et al. 2018 dan Romani et al. 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan penjelasan dari latar belakang, maka dapat di simpulkan bahwa rumusan masalahnya yaitu:

- a. Seberapa besar perpindahan panas yang terjadi di kedua sisi atap pada setiap harinya ?
- b. Berapa rata-rata perpindahan panas yang terjadi pada setiap harinya ?

1.3 Ruang Lingkup

Untuk Menghindari pembahasan yang kurang efektif, maka pembatasan masalah pada proposal ini yaitu:

- a. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- b. Bahan utama yang akan digunakan pada penelitian ini berupa komposit serat sekam padi.
- c. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju perpindahan panas yang terjadi pada atap komposit berbahan sekam padi.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada analisis ini adalah :

1. Untuk menghitung perpindahan panas yang terjadi secara konduksi, konveksi, radiasi.
2. Untuk menganalisa tingkat perpindahan panas yang terjadi.

1.5 Manfaat Penelitian

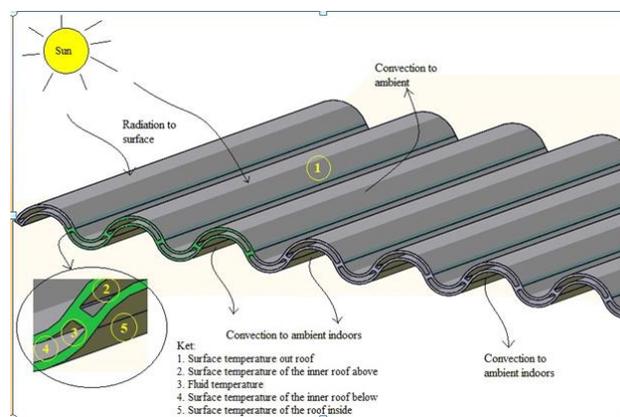
Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- a. Mengoptimalkan sampah limbah sekam padi.
- b. Mengetahui seberapa besar atap berongga berbahan komposit sekam padi dapat mengurangi energi panas yang akan masuk ke ruangan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Atap

Selain berfungsi sebagai penutup rumah atap juga bisa berfungsi sebagai payung yang melindungi dari panas terik matahari. Sebagai sebuah alat penutup, atap memiliki banyak jenis berdasarkan bahan dasarnya, sebagai contoh ada yang terbuat dari tanah liat, beton, dan ada juga yang terbuat dari keramik. Masing-masing atap tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Contoh atap yang terbuat dari beton memiliki kekurangan dalam hal berat bobot, atau atap yang berbahan dasar tanah liat memiliki kekurangan kebocoran karena sering terjadi keretakan, dan juga rapuh terhadap tekanan. Menanggapi hal ini penulis menyoba untuk berinovasi membuat sebuah atap berbahan komposit dari sekam padi. Nantinya atap ini akan sedikit diberikan sentuhan modifikasi pada bagian bentuknya, dimana nantinya atap ini akan dibuat memiliki rongga, dan kemudian rongga tersebut akan beri aliran fluida berupa air(Cooling water). Dengan adanya fluida tersebut diharapkan dapat menyerap energi panas dari matahari yang diterima oleh atap. Sehingga atap ini akan memiliki berat bobot yang lebih ringan dari atap beton maupun tanah liat, dan juga dapat menyerap panas(Febriesa Tri Nugroho, Muhammad Faisal Husaen, Eko Wahyu Rully Prabowo,2017).



Gambar 2.1 Desain atap berongga (Sudirman, 2021)

2.2 Komposit

Komposit(Composite) adalah gabungan dari dua material atau lebih yang digabungkan pada skala mikroskopis untuk menghasilkan suatu material baru yang lebih baik dari material yang sudah ada(Jones ,1975). Penggabungan materi ini dilakukan untuk mendapatkan satu bahan material baru dengan berbagai keunggulan di dalamnya, dengan menghilangkan sifat-sifat lemah dari materi penyusunnya.(Gibson ,1994).

Faktor-faktor yang dapat menjadi penentu dari sifat komposit,yaitu (Gibson,1994) :

a. Material pembentuk

Materi pembentuk memiliki peran yang sangat penting dalam bahan komposit. Karena dari materi pembentuk inilah nanti akan muncul sifat-sifat pada bahan komposit yang sudah jadi.

b. Bentuk dan susunan komponen

Bentuk dari masing-masing komponen menjadi peran penting dalam pembuatan bahan komposit baru. Kemudian disusul dengan karakteristik struktur dan geometri komponen, serta jumlah relative masing-masing komponen yang memberikan kontribusi pada keseluruhan tampilan dari bahan komposit.

c. Hubungan antar komponen

Bentuk dari bahan komposit berasal dari campuran bahan-bahan penyusunnya, maka sifat kombinasi yang diperoleh juga akan berbeda. Prinsip yang mendasari perancangan, pengembangan dan penggunaan dari komposit adalah pemakaian komponen yang sesuai dengan aplikasinya.

2.3 Klasifikasi Komposit

Menurut Gibson (1994) komponen-komponen utama penyusun material komposit dapat dibagi menjadi tiga kelas, yaitu :

1. Komposit Serat (Fibrous Composite)

Komposit serat adalah komposit yang terbentuk dari fiber dalam matriks. Dari segi kekuatan serat yang panjang memiliki tingkat yang lebih baik dibandingkan dengan yang berbentuk curah (bulk). Serat yang panjang memiliki tingkat struktur yang lebih kuat dikarenakan struktur kristal penyusunnya berada disepanjang serat tersebut. Sedangkan untuk tingkat cacat internalnya dominan

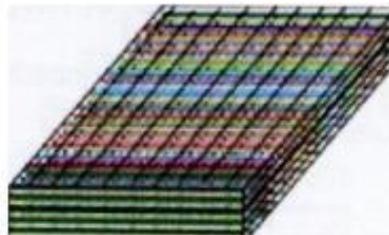
lebih sedikit dibandingkan dengan material berbentuk curah (Gibson, 1994). Berdasarkan penempatan serat dan arah serat komposit diperkuat dengan serat-serat pendukung kemudian dibedakan lagi menjadi beberapa bagian diantaranya (Gibson, 1994) :

- a. Continuous Fiber Composite (Komposit diperkuat dengan serat kontinyu) (lihat Gambar 2.2)



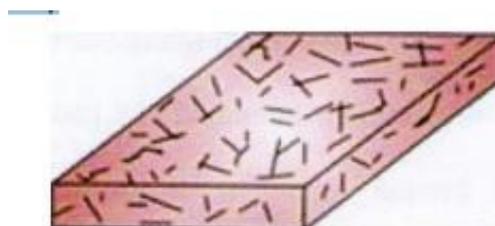
Gambar 2.2 Continuous Fiber Composite (Gibson, 1994)

- b. Woven Fiber Composite (Komposit diperkuat dengan serat anyaman) (lihat Gambar 2.3)



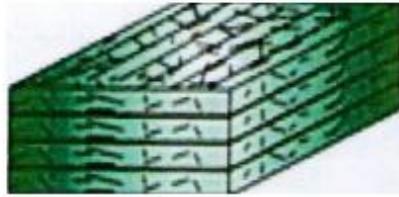
Gambar 2.3 Woven Fiber Composite (Gibson, 1994)

- c. Chopped Fiber Composite (Komposit diperkuat dengan serat pendek/acak) (lihat Gambar 2.4)



Gambar 2.4 Chopped Fiber Composite (Gibson, 1994)

- d. Hybrid Composite (Komposit diperkuat dengan serat kontinyu dan acak) (lihat Gambar 2.5)

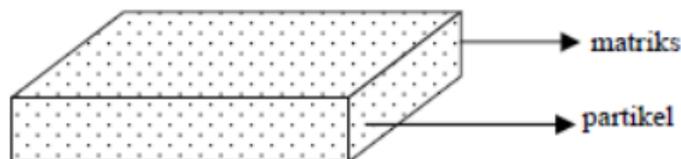


Gambar 2.5 Hybrid Composite (Gibson, 1994)

2. Komposit Partikel (Partikule Composite)

Komposit partikel adalah komposit yang susunan penguatnya berasal dari partikel serbuk dan terdistribusi secara merata didalam matriknya (Gibson, 1994).

Skema partikel komposit diperlihatkan pada Gambar 2.6.



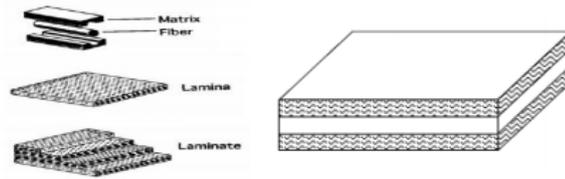
Gambar 2.6 Partikule Composite (Gibson, 1994)

Bahan penguat yang dimiliki komposit jenis ini biasanya memiliki dimensi yang sama, seperti bulat serpih dan balok. Dan bentuk-bentuk lainnya yang memiliki sumbu hampir sama, yang sering disebut dengan istilah partikel. Pada matrik umumnya partikel penyusun bisa terdiri dari satu atau lebih material yang dibenamkan dengan jenis yang berbeda, seperti logam dan non logam. Menurut Jones (1999) ada jenis polimer yang difungsikan hanya untuk memperbesar volume material, bukan untuk kepentingan sebagai bahan penguat.

3. Komposit Lapis (Laminates Composite)

Komposit Lapis adalah jenis komposit yang partikelnya tersusun dari dua lapis atau lebih yang digabungkan secara permanen, serta pada setiap lapisan memiliki sifat karakteristik tersendiri (Gibson, 1994).

Skema komposit lapis diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Laminates Composite (Gibson, 1994)

a. Bimetal

Bimetal adalah lapis dari dua buah logam yang memiliki nilai koefisien ekspansi yang berbeda. Seiring dengan berubahnya suhu maka bimetal akan menyesuaikan dengan cara melengkung. Hal ini yang membuat bimetal cocok untuk dijadikan alat pengukur suhu (Gibson, 1994).

b. Pelapisan Logam

Salah satu cara untuk mendapatkan sifat terbaik dari suatu logam adalah dengan melakukan pelapisan logam antara yang satu dengan yang lainnya (Gibson, 1994).

c. Kaca yang dilapisi

Menurut Gibson (1994) melapisi kaca seperti pada pelapisan logam dapat membuatnya lebih tahan terhadap cuaca.

d. Komposit lapis serat

Pembuatan badan pesawat dan panel sayap pesawat menggunakan lapisan dari komposit serat yang disusun dengan berbagai orientasi serat (Gibson, 1994).

2.3.1 Unsur-unsur Utama Pembentuk Komposit

1. Serat

Komponen utama dari sebuah komposit adalah serat atau fiber, serat atau fiber memiliki fungsi sebagai penahan beban. Maka dari itu kekuatan komposit diukur dari serat atau fibernya, semakin kecil bahan(diameter serat mendekati ukuran kristal) akan semakin kuat komposit tersebut, karena mimimnya cacat pada material (Surdia, 1999).

Ada beberapa fungsi utama dari serat, yaitu :

- Pada komposit 70%-90% beban ditahan oleh serat, hal itu yang membuatnya disebut sebagai pembawa beban utama.
- Memberikan sifat kekakuan, stabilitas panas, kekuatan dan sifat-sifat lain dalam komposit (lihat Tabel 2.1).

- Beberapa jenis serat ada yang bisa berfungsi sebagai konduktivitas listrik.

Tabel 2.1 Sifat mekanik dari beberapa jenis Serat (Diater H. Mueller).

		Cotton	Flax	Jute	Kenaf	E- Glass	Ramie	Sisal
Diameter	mm	-	11-33	200	200	2-25	40-80	50- 200
Panjang	mm	10-60	10-40	1-5	2-6	-	60- 260	1-5
Kekuatan tarik	Mpa	330- 585	345- 1035	393- 773	930	1800	400- 1050	511- 635
Modulus elastisitas	Gpa	4.5- 12.6	27.6- 45.0	26.5	53.0	69.0- 73.0	61.5	9.4- 15.8
Massa jenis	g/cm ³	1.5- 1.54	1.43- 1.52	1.44- 1.50	1.5	2.5	1.5- 1.6	1.16- 1.5
Regangan maksimum	%	7.0-8.0	2.7- 3.2	1.5- 1.8	1.6	2.5- 3.0	3.6- 3.8	2.0- 2.5
Spesifik kekuatan tarik	km	39.2	73.8	52.5	63.2	73.4	71.4	43.2
Spesifik kekuatan	km	0.85	3.21	1.80	3.60	2.98	4.18	1.07

2. Matriks

Matriks berfungsi sebagai pengikat dan penyalur beban pada serat. Itu sebabnya matriks memiliki sifat yang lebih ulet, tetapi kurang keras, dan berkarakter kontinyu. Serat memiliki sifat yang lebih baik dari matrik, sehingga serat akan ditambahkan ke dalam matrik dengan bentuk tertentu (Surdia, 1999).

Kegunaan matriks pada bahan komposit adalah sebagai berikut :

1. Memegang dan mempertahankan serat pada posisinya.
2. Pada saat terjadi pembebanan, matriks akan berubah dan menyalurkan tegangan pada serat yang memiliki fungsi sebagai unsur utama.

2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan pergerakan dari energi panas yang berpindah dari suatu benda atau material yang bertemperatur tinggi ke benda atau material lain yang bertemperatur lebih rendah atau sebaliknya. Pada ilmu termodinamika pembelajaran mengenai kalor tidak hanya menjelaskan bahwa kalor dapat berpindah dari suatu benda ke benda yang lain, tetapi dapat juga mengetahui laju

perpindahan panas yang terjadi pada benda atau material tersebut dalam keadaan tertentu. Istilah kalor (heat) digunakan untuk menyebutkan energi yang sedang berpindah. Pada penelitian ini yang menjadi analisis adalah laju perpindahan , inilah yang membedakan termodinamika dengan ilmu perpindahan panas.

Ilmu thermodinamika adalah ilmu yang dapat menghitung seberapa besar jumlah energi yang dibutuhkan untuk dapat mengubah sebuah sistem dengan keadaan seimbang menjadi suatu keadaan seimbang lainnya, atau biasa disebut dengan ilmu sistem kesetimbangan. Tetapi tidak dapat digunakan untuk menghitung kecepatan perpindahan, itu disebabkan karena ada waktu dalam proses perpindahan kalor, hukum yang digunakan adalah hukum pertama dan kedua thermodinamika. Perbedaan temperatur menjadi salah satu syarat dapat berpindahnya suatu energi dalam bentuk kalor ke suatu zat atau lingkungannya menuju ke zat lain.

Ada 3 cara perpindahan kalor, yaitu:

1. Perpindahan kalor secara konduksi
2. Perpindahan kalor secara konveksi
3. Perpindahan kalor secara radiasi

2.4.1 Perpindahan kalor secara konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi(rambatan) adalah perpindahan kalor yang mengalir dari suatu zat atau benda (cair, padat, udara) yang bertemperatur tinggi ke zat atau benda lain yang bertemperatur lebih rendah. Perpindahan kalor ini melibatkan adanya interaksi secara langsung antar zat atau benda.

Laju perpindahan panas secara konduksi dapat dihitung dengan:

$$Q = \frac{kxAx\Delta T}{d} \quad (1)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas(kondiksi) (J/s)

K = Konduktivitas termal zat (W/m.k)

A = Luas permukaan (m²)

$\Delta T =$ Perbedaan suhu ($T_1 - T_2$)

$d =$ Ketebalan benda (m)

Untuk kebanyakan zat, perpindahan kalor secara konduksi dengan mudah dapat di jelaskan dengan teori partikel zat. Konduksi kalor dapat di pandang sebagai akibat perpindahan energi kinetik dari suatu partikel ke partikel selanjutnya yang melalui tumbukan. Di tempat yang di panaskan, energi kinetiknya lebih besar, sehingga memberikan sebagian energi kinetiknya ke partikel – partikel tetangganya melalui tumbukan. Akibatnya partikel – partikel tetangganya bergegetar dengan energi kinetik yang lebih besar pula, demikian seterusnya. Secara keseluruhan tidak ada perpindahan (Sabana, 2021).

Pada umumnya benda-benda yang terbuat dari metal(logam) dapat bekerja sebagai penghantar kalor yang baik atau disebut juga dengan istilah *Konduktor*. Beberapa contoh sederhana dari *Konduktor* adalah besi, baja, perak, alumunium, dan beberapa contoh benda lainnya. Sedangkan benda-benda yang berbahan dasarnya plastik pada umumnya bersifat sangat buruk sebagai penghantar kalor atau biasa disebut dengan *Isolator*. Contoh dari *Isolator* adalah karet, plastik dan sebagainya.

Seorang ilmuwan asal Prancis mengemukakan sebuah hubungan laju perpindahan panas (kalor) konduksi q_k dalam suatu bahan dinyatakan dengan:

$$q = -k_A \frac{dT}{dx} \quad (2)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju perpindahan panas(Konduksi)

Beberapa faktor yang dapat menjadi penentu dari laju perpindahan panas yaitu:

- Beda suhu antara dua permukaan(ΔT) semakin besar perbedaan suhu, maka semakin cepat perpindahan panas(kalor).
- Jarak antara dua permukaan/tebal/panjang, semakin tebal maka semakin lama perpindahan panas.
- Luas permukaan(A) semakin luas permukaan maka semakin cepat perpindahan panas.

- Konduktivitas termal zat(k), merupakan ukuran kemampuan zat menghantarkan panas, semakin besar nilai k, maka semakin cepat perpindahan panas.

2.4.2 Perpindahan kalor secara radiasi

Perpindahan panas secara radiasi(pancaran) adalah perpindahan panas yang terjadi tanpa memerlukan perantara. Dengan kata lain perpindahan panas ini bisa terjadi hanya dengan memerlukan hamparan udara. Perpindahan panas secara radiasi menurut Koestoer (2002) ialah proses perpindahan panas yang terjadi dengan melibatkan gelombang-gelombang elektromagnetik atau photon yang dibawa sampai jarak yang sangat jauh tanpa memerlukan interaksi dengan medium, dengan kata lain perpindahan panas secara radiasi ini menjadikan gelombang elektromagnetik sebagai perantaranya.

Laju perpindahan panas secara radiasi dapat dihitung dengan:

$$Q = e\sigma AT^4 \quad (3)$$

Dan persamaan lain :

$$Q = \frac{\epsilon\sigma(T_r^4 - T_{sky}^4)}{(T_r - T_u)} \quad (4)$$

Dimana :

Q = Laju perpindahan panas(radiasi) (J/s)

e = Emisivitas ($0 < e < 1$)

σ = Tetapan Stefan-Boltzman

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

A = Luas permukaan benda (m²)

T = Suhu mutlak (C)

$T_{sky} = T_u - 6$ (C)

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju perpindahan panas(Radiasi)(Koestoer, 2002).

Beberapa faktor yang dapat menjadi penentu dari laju perpindahan panas yaitu:

- Tetapan Stefan Boltzmann
- Luas permukaan(A), semakin luas permukaan maka semakin cepat perpindahan panas yang terjadi
- Suhu (ΔT), semakin besar perbedaan suhu, maka semakin cepat proses perpindahan panas
- Emisivitas

2.4.3 Perpindahan panas secara konveksi

Perpindahan panas yang terjadi antara fluida yang bergerak atau mengalir dengan suatu permukaan benda padat yang mengakibatkan adanya perbedaan temperatur disebut dengan perpindahan panas konveksi. Contoh fluida yang digunakan bisa udara atau air (Agung, 2009).

Dilihat dari keadaan alirannya perpindahan panas konveksi dibagi menjadi dua yaitu(Muntaha, 2020) :

a. Konveksi Bebas

Konveksi yang aliran fluidanya disebabkan oleh adanya variasi massa jenis dan diikuti oleh adanya perbedaan temperatur didalam fluida.

Contoh: aliran udara didalam ventilasi.

b. Konveksi Paksa

Konveksi yang aliran fluidanya disebabkan oleh faktor-faktor dari luar, seperti adanya bantuan alat dari luar yang membantu fluida untuk bergerak. Contoh: lemari es,AC.

Laju perpindahan panas(Konveksi) dapat dihitung dengan:

$$Q = hA(\Delta T) \quad (5)$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan panas(konveksi) (J/s)

h = Koefisien konveksi (W/m² K)

A = Luas permukaan benda (m²)

ΔT = Perbedaan suhu (C)

Berdasarkan cara kerja fluida yang menggunakan bantuan pompa untuk masuk kedalam atap, maka perpindahan panas konveksi yang terjadi adalah secara paksa sehingga untuk mencari nilai h menggunakan persamaan dibawah ini.

$$h = Nu \frac{k}{D} \quad (6)$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi laju perpindahan panas(konveksi):

- Luas permukaan benda (A), semakin luas permukaan benda, maka semakin cepat perpindahan panas yang terjadi.
- Perbedaan suhu (ΔT), semakin besar beda suhu pada benda, maka semakin cepat perpindahan panas yang terjadi.
- Koefisien konveksi (h), bergantung pada bentuk, kedudukan permukaan dan diperoleh dengan percobaan.

2.5 Sekam Padi

Hananta (2016) padi merupakan salah satu hasil utama masyarakat Indonesia di bidang pertanian. Padi tidak hanya menghasilkan beras yang menjadi makanan pokok bagi masyarakat, tetapi ada juga sekam yang menjadi limbah dari tanaman itu sendiri. Pengolahan yang masih minim membuat limbah sekam padi menjadi ancaman dilingkungan masyarakat.

Dari hasil penggilingan padi akan diperoleh sekam sekitar 20%-30%, dedak 8%-12% dan beras giling sekitar 50%-63,5%. Dikarenakan kurangnya pengetahuan dari pihak petani membuat pengolahan limbah sekam padi hanya dilakukan dengan cara pembakaran. Tentu saja pembakaran ini menghasilkan efek negatif bagi para petani dan lingkungan. Salah satu efek yang bisa ditimbulkan adalah polusi udara.



Gambar 2.8 Sekam padi (Wibowo, dkk, 2007)

Sekam padi memiliki karakteristik seperti tidak mudah menyusut, tidak mudah mengerucut, tidak terbelah dan melengkung. Sekam padi juga kuat, lurus, kaku, dan ringan, dari segi harga sekam padi juga memiliki nilai harga yang lebih murah dibandingkan dengan kayu gelondongan (Arbintarso, 2008). Komposisi dari sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.2.(Sumber: Huston,1972).

Tabel 2.2 Komposisi kimia sekam padi

No	Komponen	Berat(%)
1.	H ₂ O	2,4- 11,35
2.	Crude Protein	1,7- 7,26
3.	Crude Fat	0,38- 2,98
4.	Ekstrak Nitrogen Bebas	24,7- 38,9
5.	Crude Fiber	31,37- 49,92
6.	Abu	13,6- 29,04
7.	Pentosa	16,94- 21,95
8.	Selulosa	34,34- 43,80
9.	Lignin	21,40- 46,97

Pada saat ini pemanfaatan sekam padi sudah lebih optimal diantaranya dijadikan sebagai lahan untuk melindungi es dari suhu lingkungan, dengan mengisolasi es agar tidak mencair. Jolianingsih (2004) menggunakan padi sebagai bahan campuran komposit untuk meningkatkan kualitas genteng, sebagai bahan pembuatan silika armof (Harsono, 2002). Serta sebagai isolator panas (Wibowo, dkk, 2007).

Agar bisa digunakan sebagai isolator panas sekam padi akan diolah menjadi genteng komposit. Proses pembuatannya dilakukan dengan cara mencampurkan sekam padi dengan resin. Kemudian genteng akan dicetak dengan bentuk berongga, rongga ini akan diisi dengan fluida cair seperti air. Air akan menyerap energi panas yang diterima oleh genteng, sehingga suhu pada energi panas akan sedikit berkurang sebelum masuk ke dalam ruangan. Nantinya genteng tersebut akan diuji kemampuannya sebagai isolator panas dan dihitung laju perpindahan panas.

Potensi sekam padi yang memiliki ukuran partikel lebih kecil serta juga sifat mekanis yang baik seperti, elastis, kuat, ukuran yang stabil, memiliki permukaan yang tahan air dan tahan tekanan membuatnya sangat tepat untuk dijadikan sebagai insulasi (Arbintasro, 2008).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Tempat dilakukannya pengujian terhadap analisis *Analisis Laju Perpindahan Panas System Atap Berongga* yaitu di Laboratorium Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan.

3.1.2 Waktu

Pengerjaan pengujian ini dilakukan setelah mendapat persetujuan dari dosen pembimbing, dapat dilihat pada tabel 3.1

NO	Kegiatan	Bulan													
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	pengajuan judul	■													
2	studi literatur	■	■												
3	penulisan proposal		■	■											
4	seminar proposal			■	■										
5	penyediaan alat dan bahan				■	■	■								
6	pembuatan atap berongga					■	■	■	■						
7	pengujian spesimen							■	■	■					
8	analisis data									■	■				
9	penulisan laporan akhir										■	■			
10	seminar hasil											■	■		
11	sidang												■	■	

3.2 Persiapan alat dan Bahan

2.2.1 Alat

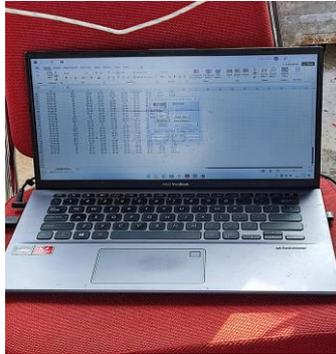
Adapun alat-alat yang digunakan untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan untuk pengambilan data adalah sebagai berikut:

- a. Processor : AMD® Ryzen™ 3 3200U Processor.
- b. Ram : 4 GB DDR4 2400MHz SDRAM Onboard memory
- c. Operating system : Windows 10 Home.

Laptop yang digunakan terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Laptop

2. Atap Komposit

Atap komposit yang terbuat dari bahan sekam padi.



Gambar 3.2 Atap Komposit

3. Sensor Thermocouple

Jenis sensor yang digunakan dalam penelitian berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur suhu.



Gambar 3.3 Sensor Thermocouple

4. Alat Ukur Thermocouple

Alat ini digunakan untuk membaca dan menampilkan suhu yang terdeteksi oleh sensor.



Gambar 3.4 Alat Ukur Thermocouple

5. Sensor Intensitas Cahaya Matahari

Alat ini digunakan untuk menangkap sinar matahari dan mengirimkannya ke sensor



Gambar 3.5 Sensor Intensitas Cahaya Matahari

6. Alat Ukur Intensitas Cahaya Matahari(Luxmeter)

Alat yang digunakan untuk membaca dan menampilkan nilai intensitas cahaya yang terdeteksi.



Gambar 3.6 Alat Ukur Intensitas Cahaya Matahari(Luxmeter)

7. Sensor Ds 18B20

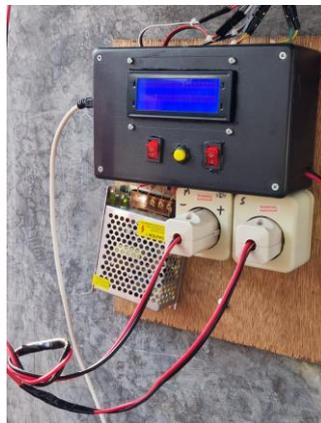
Jenis sensor yang digunakan untuk mengukur suhu ruangan.



Gambar 3.7 Sensor Ds 180B20

8. Panel Kontrol

Panel ini yang menjadi pusat pengatur sensor dan pompa.



Gambar 3.8 Panel Kontrol

9. Sensor Angin (Anemometer)

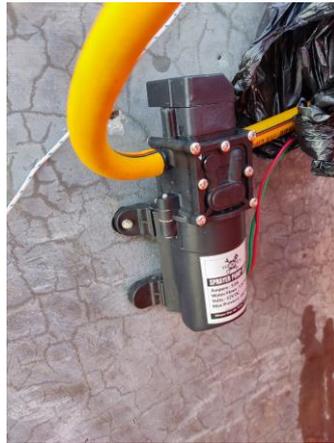
Sensor ini digunakan untuk mendeteksi besarnya kecepatan angin dan kelembaban suhu yang terjadi setiap hari



Gambar 3.9 Anemometer

10. Pompa Air

Pompa digunakan untuk mensirkulasikan air ke atap dan tangki.



Gambar 3.10 Pompa Air

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian *Laju Analisis Perpindahan Panas System Atap Berongga* ini adalah sebagai berikut :

1. Sekam Padi

Menurut Dapton(2009) setelah dilakukan penggilingan padi akan menghasilkan sekam sekitar 20%-30%, kemudian hasil lain diantaranya dedak berkisar 8%-12%, dan hasil utama berupa beras giling dengan persenan tertinggi sekitar 50%-63,5% dari bobot awal gabah.



Gambar 3.11 Sekam Padi

2. Resin

Pada pembuatan komposit resin berfungsi sebagai pemberi pembentuk atau sebagai pengikat material komposit.



Gambar 3.12 Resin

3. Katalis

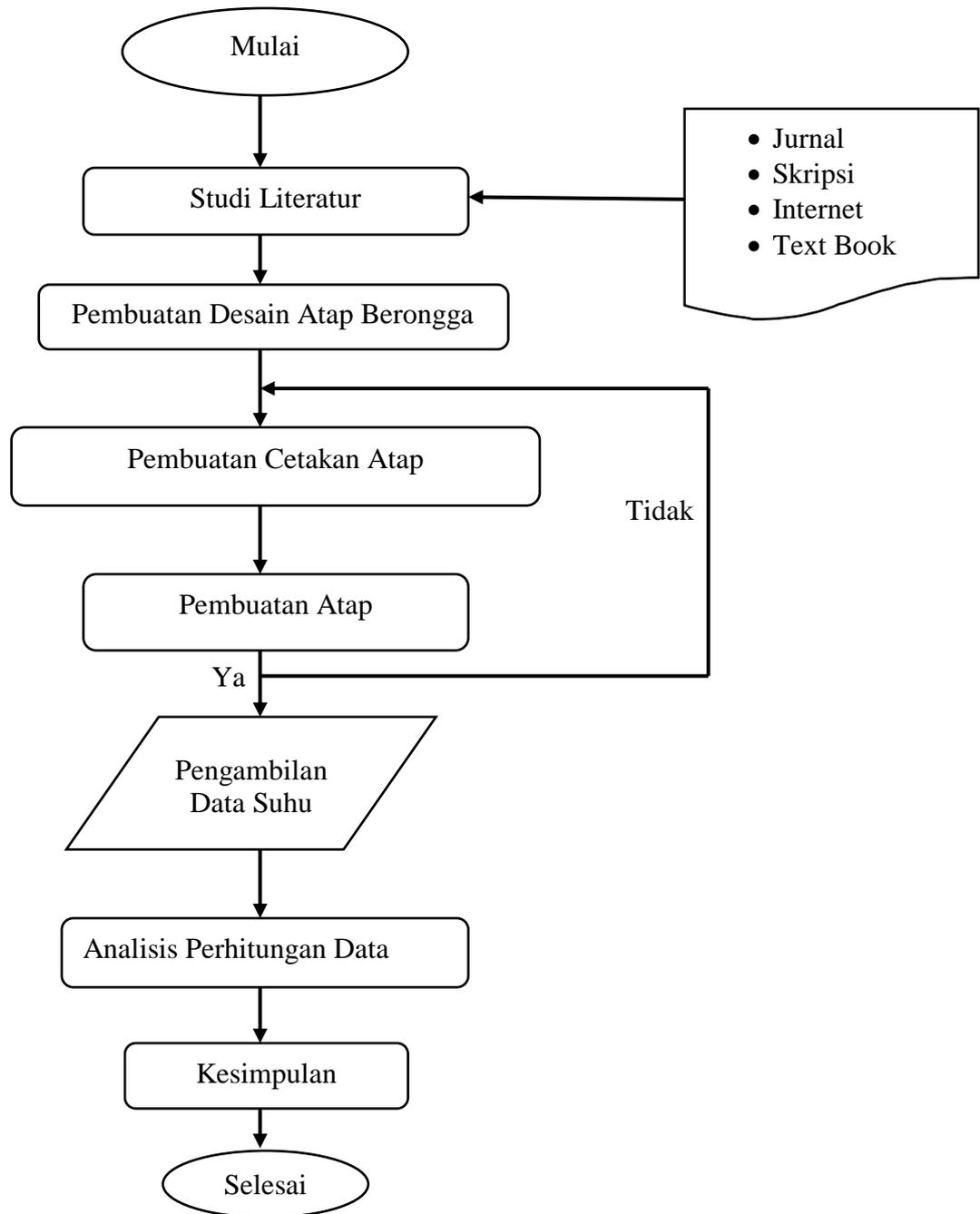
Katalis memiliki peran dalam proses mempercepat pegeringan dalam hal pembuatan komposit.



Gambar 3.13 Katalis

3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

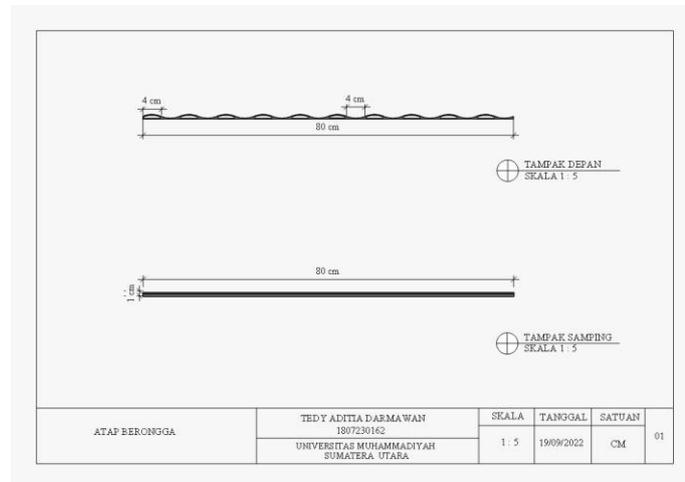


Gambar 3.14 Bagan Alir

3.4 Rancangan Alat Penelitian

3.4.1 Rancangan Atap Berongga Berbahan Komposit Sekam Padi

Pembuatan rancangan atap berongga menggunakan software sketchup dengan desain seperti dibawah ini.



Gambar 3.15 Rancangan Atap Berongga

3.5 Prosedur Pembuatan Atap Berongga

Proses awal pembuatan atap dilakukan dengan membuat cetakan yang terbuat dari bahan stainless steel dengan ukuran 80 cm x 80 cm. Prosedur pembuatan atap sebagai berikut : Awalnya sekam padi dijemur dibawah sinar matahari sampai kering, setelah kering sekam akan ditumbuk dan diayak dengan ukuran yang diinginkan. Kemudian sekam dicampur dengan resin menggunakan perbandingan berkisar 25% sekam dan 75% resin, tambahkan juga katalis untuk mempercepat proses pengeringan. Berikutnya campuran dituangkan ke dalam cetakan dan didiamkan selama 24 jam sembari menunggu proses pengerasan dari resin. Setelah kering atap dapat dikeluarkan dari cetakan dan digunakan pada penelitian.

3.6 Prosedur Penelitian

Prosedur Penelitian yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses awal adalah pembuatan rangka/pondasi bangunan dan cetakan atap terlebih dahulu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.

Alat

- Mesin las dan gerinda untuk proses pembuatan rangka/pondasi bangunan.
- Cetakan/mal yang akan digunakan untuk membuat atap.
- Timbangan digital untuk menimbang bahan campuran komposit.
- Kuas digunakan untuk mengoleskan wax pada cetakan/mal.
- Wadah sebagai tempat mencampurkan sekam padi dan resin
- Pengaduk untuk mengaduk bahan agar tercampur dengan baik.

Bahan

- Serbuk sekam padi
 - Wax
 - Katalis
 - Resin
 - Plastisin
 - Besi siku 40x40
2. Menyiapkan desain dari atap berongga berbahan komposit sekam padi.
 3. Membuat pondasi bangunan dengan ukuran panjang 150 cm x lebar 80 cm dengan menggunakan besi siku 40x40
 4. Membuat cetakan/mal dari bahan stainless stell dengan ukuran 80 cm x 80 cm.
 5. Menjemur sekam padi dibawah sinar matahari hingga kering
 6. Sekam padi yang sudah kering di giling agar menjadi serat-serat halus.
 7. Setelah mendapatkan nilai persentase perbandingan maka selanjutnya masukan sekam, resin, dan juga katalis sesuai persentase tersebut ke dalam wadah pencampuran.
 8. Kemudian aduk semua bahan selama kurang lebih 5 menit agar semua bahan tercampur dengan rata.
 9. Tuangkan adonan pada lembar serat fiber diatas mall seng.
 10. Setelah lapisan pertama kering buat rongga.
 11. Tunggu selama kurang lebih 2 jam agar rongga kering.
 12. Setelah rongga kering tuangkan adonan kembali diatas lembar serat fiber sebagai lapis kedua sekaligus penutup.

13. Setelah sudah dipastikan mengering bahan komposit dikeluarkan dari cetakan.
14. Lakukan pengecekan pada bahan komposit dari segi bentuk dan kekuatan.
15. Setelah pengecekan selesai bahan komposit sudah dapat digunakan pada penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Alat ini dirancang dengan tujuan agar dapat mengurangi suhu disuatu ruangan, agar suhu di ruangan tersebut menjadi lebih stabil. Cara kerjanya dengan mengalirkan air yang berasal dari tangki ke dalam atap melalui rongga. Pada setiap atap terdapat masing-masing 10 rongga dengan volume air sekitar 0,0064 m³.

Pengambilan data dilakukan selama 7 hari dengan intensitas waktu selama lebih kurang 10 jam perharinya. Dimulai pagi sekitar pukul 08.00 Wib sampai pukul 17.00. Diawali dengan pemasangan sensor-sensor pada titik yang sudah ditentukan, pada setiap bangunan terdapat kurang lebih 7 titik sensor, setelah sensor terpasang barulah air dialirkan menuju atap dengan bantuan pompa. Salah satu faktor penentu besarnya suhu adalah intensitas matahari. Untuk melihat data pengujian yang diperoleh dapat di liat pada tabel dibawah ini.

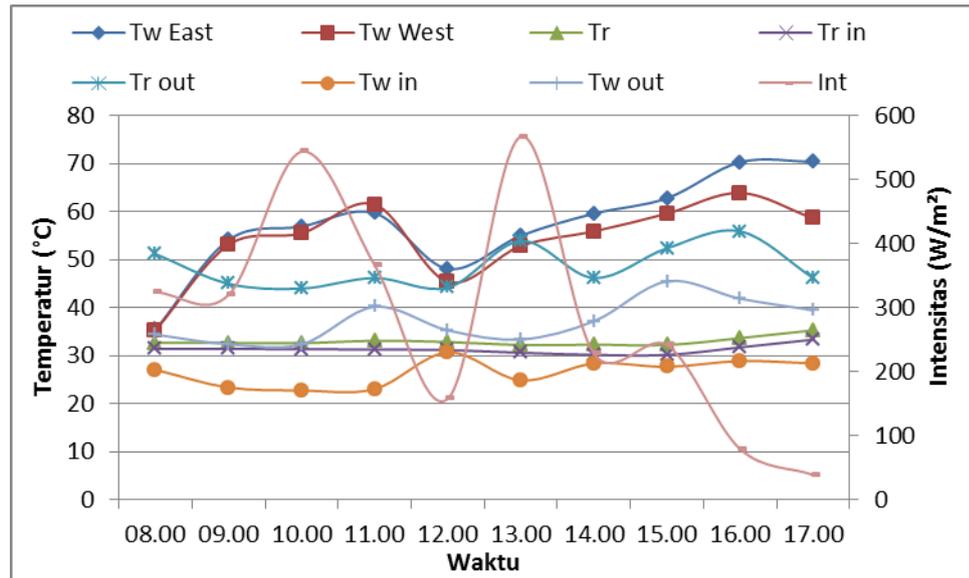
4.1.1 Data Temperatur Harian

Berikut ini adalah data pengujian yang di peroleh selama tujuh hari.

4.1 Data Hari Pertama

Tabel 4.1 Data Hari Pertama

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	Int
08.00	35,4	35,3	32,69	31,44	51,2	27,1	34,4	324,3
09.00	54,1	53,1	32,69	31,44	45	23,4	32,4	320
10.00	56,9	55,5	32,63	31,37	44	22,8	32,4	543,6
11.00	59,7	61,5	33,13	31,31	46,2	23,1	40,2	366,3
12.00	48,1	45,4	32,88	31,19	44,2	30,7	35,3	158
13.00	55	52,9	32,25	30,62	53,9	24,9	33,4	567,2
14.00	59,6	55,9	32,31	30,19	46,2	28,4	37,2	228
15.00	62,8	59,6	32,25	30,19	52,4	27,7	45,5	241,8
16.00	70,3	63,9	33,69	31,75	55,9	28,9	41,9	79,43
17.00	70,4	58,6	35,31	33,38	46,2	28,4	39,5	39



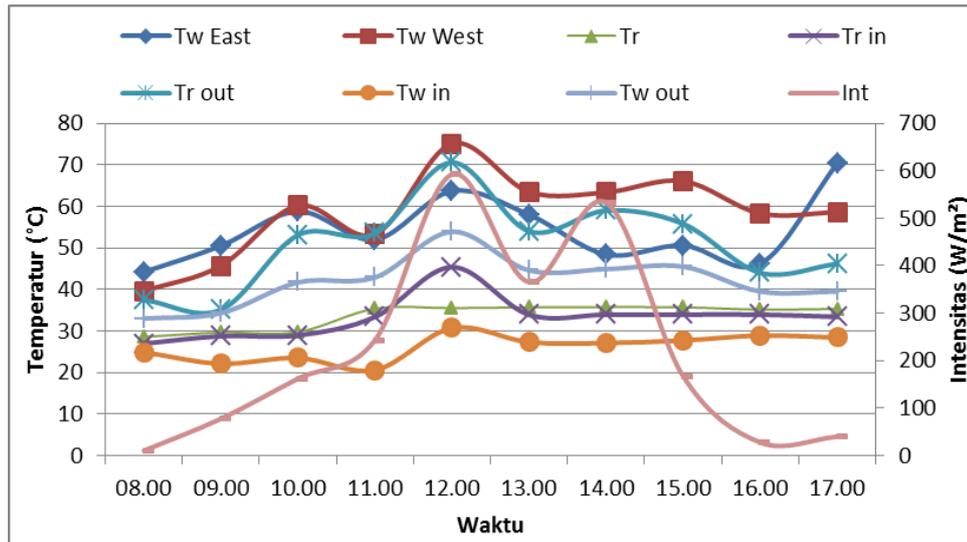
Gambar 4.1 Grafik Data Hari Pertama

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa keadaan suhu di hari kamis yang memiliki suhu tertinggi adalah suhu pada atap kanan dengan intensitas waktu berkisar pukul 15.00-16.00, sedangkan yang memiliki suhu terendah adalah suhu lingkungan pada pukul 10.00-11.00. Data pada hari kedua akan di tampilkan pada grafik 4.2.

4.2 Data Hari Kedua

Tabel 4.2 Data Hari Kedua

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	Int
08.00	44,2	39,6	28,56	26,94	37,5	24,9	33	10,3
09.00	50,5	45,7	29,62	28,75	35,1	22,1	34,3	77,53
10.00	58,8	60,2	29,75	28,94	53,1	23,5	41,7	162,1
11.00	52	53,3	35,38	33,38	53,5	20,6	42,9	243,3
12.00	63,7	75,1	35,5	45,38	70,6	30,7	53,9	592,4
13.00	58	63,5	35,69	33,88	54	27,3	44,6	365,4
14.00	48,4	63,4	35,75	33,94	59	27,1	44,9	532,7
15.00	50,6	66,1	35,69	33,94	55,8	27,7	45,5	166,8
16.00	46,2	58,3	35,13	33,94	44	28,9	39,5	27,6
17.00	70,4	58,6	35,31	33,38	46,2	28,4	39,5	39,7



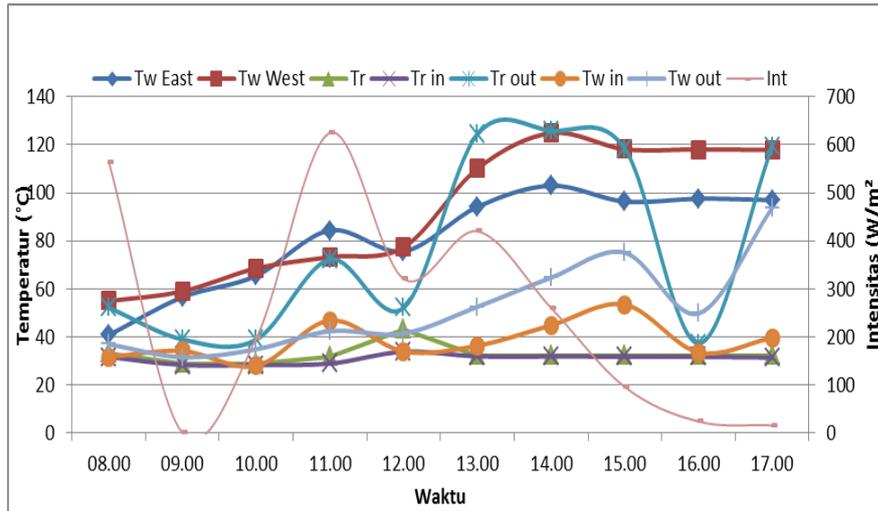
Gambar 4.2 Grafik Data Hari Kedua

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa puncak tertinggi suhu berada ada pukul 12.00-13.00 Wib, dan yang paling terkena pengaruh suhu adalah pada bagian atap sedangkan titik suhu yang lain memiliki tingkat suhu yang stabil di bawah angka 40°C. Untuk data berikutnya akan di tampilkan pada grafik 4.3.

4.3 Data Hari Ketiga

Tabel 4.3 Data Hari Ketiga

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	Int
08.00	40,8	55	33,31	31,69	52,2	31,7	37	564,3
09.00	56,6	59	29	28,37	39	34,2	31,6	0
10.00	65,5	68,6	28,94	28,37	38,9	28	34,9	197,4
11.00	84,4	73,3	31,75	28,94	72,3	46,9	42,4	624,9
12.00	75,7	77,4	43,19	33,88	52,2	34	41,5	321,1
13.00	94,2	110,1	32,31	31,94	124,4	36,4	52,6	420,2
14.00	103	124,9	32,31	31,87	125,9	44,9	64,7	260,5
15.00	96,4	118,2	32,25	31,81	118,4	53,5	75,1	95,9
16.00	97,6	118,1	32,25	31,75	37,4	33,6	49,8	24
17.00	97	117,9	32,25	31,44	119,3	39,7	93,8	16



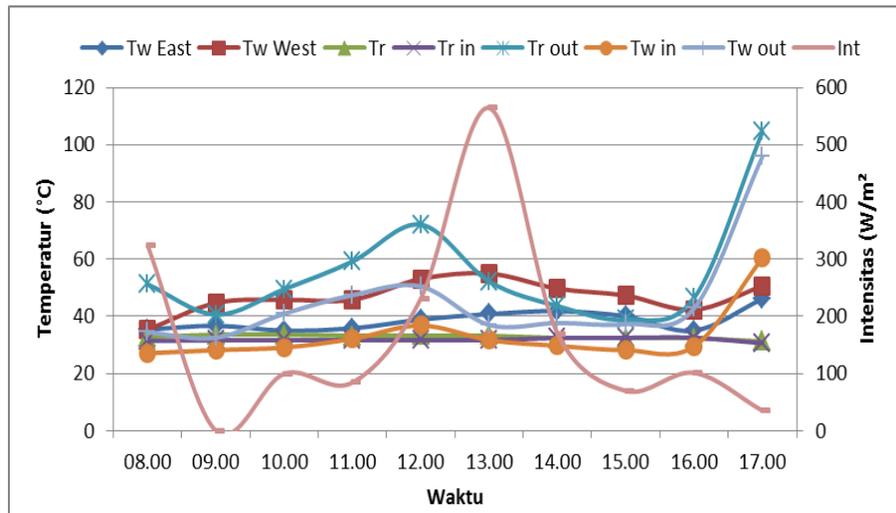
Gambar 4.3 Grafik Data Hari Ketiga

Grafik menunjukkan bahwa tingkat suhu pada hari ketiga stabil sepanjang hari di angka 20°C - 60°C, namun pada titik sensor air atap barat dan timur terdeteksi suhu hingga 170°C yaitu pada pukul 08.00-09.00 Wib. Hal ini dapat terjadi dikarenakan air yang berada didalam atap tidak keluar pada hari kedua, atau adanya eror pembacaan suhu pada alat diawal pemasangan. Karena terlihat pada grafik untuk waktu berikutnya suhu turun secara drastis dan stabil. Untuk perolehan data berikutnya dapat kita lihat pada grafik 4.6.

4.4 Data Hari Keempat

Tabel 4.4 Data Hari Keempat

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	Int
08.00	35,4	35,3	32,69	31,44	51,2	27,1	34,4	324,3
09.00	36,7	44,7	33,44	31,62	40,6	28,2	32,5	0
10.00	35	45,8	33,5	31,69	49,5	29,1	40,9	99,7
11.00	35,8	45,8	33,19	31,62	59,2	32,1	47,4	84,4
12.00	38,9	53,1	33,38	31,69	72,1	36,8	50,5	231,6
13.00	40,8	55	33,31	31,69	52,2	31,7	37	564,3
14.00	41,8	49,7	32,25	32,44	43,6	29,7	37,7	169,9
15.00	40	47,3	32,25	32,5	38,8	28,2	37,3	69,8
16.00	35	42,3	32,25	32,5	46,4	29,5	42,8	101,3
17.00	46,1	50,6	31,31	30,62	104,5	60,4	95,9	35,21



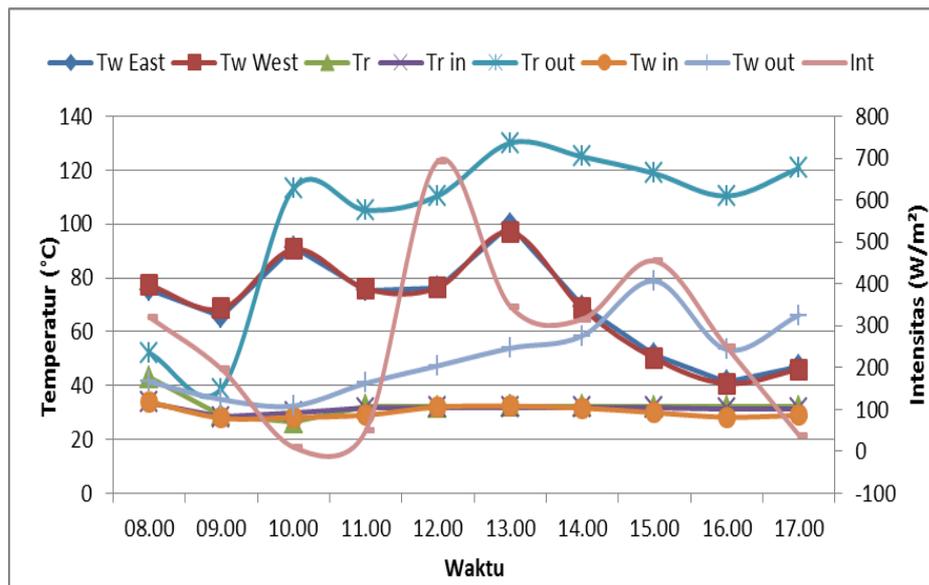
Gambar 4.4 Grafik Data Hari Keempat

Grafik menunjukkan suhu terdeteksi stabil sepanjang hari dikarenakan tingkat isntensitas matahari pada hari ini juga tidak terlalu besar terpantau di rata-rata angka 50-60 (W/m²). Namun sedikit ada lonjakan pada suhu atap bagian luar pada pukul 11.00-12.00 Wib yang mancapai angka diatas 60°C, dan kembali turun pada pukul berikutnya, lalu stabil sampai pengambilan data selesai dihari keempat. Perolehan data hari ke lima dapat kita lihat pada grafik 4.5 dibawah ini.

4.5 Data Hari Kelima

Tabel 4.5 Data Hari Kelima

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	Int
08.00	75,7	77,4	43,19	33,88	52,2	34	41,5	321,1
09.00	65,5	68,6	28,94	28,37	38,9	28	34,9	197,4
10.00	91,4	90,6	26,44	30	113,2	28,2	32,5	10,3
11.00	75,3	76	32,38	31,75	105,2	29,1	40,9	49,6
12.00	76,3	76,48	32,25	31,87	110,5	32,1	47,4	693,1
13.00	99,8	97,06	32,31	31,94	130,1	32,4	53,9	346,8
14.00	69,48	68,59	32,31	31,87	125	31,7	58,5	316
15.00	51,4	50,16	32,25	31,81	118,8	30	78,9	454,8
16.00	41,53	40,8	32,19	31,44	110,4	28,3	53,4	249
17.00	47,31	46,09	32,25	31,44	120,7	29	66,2	39,1



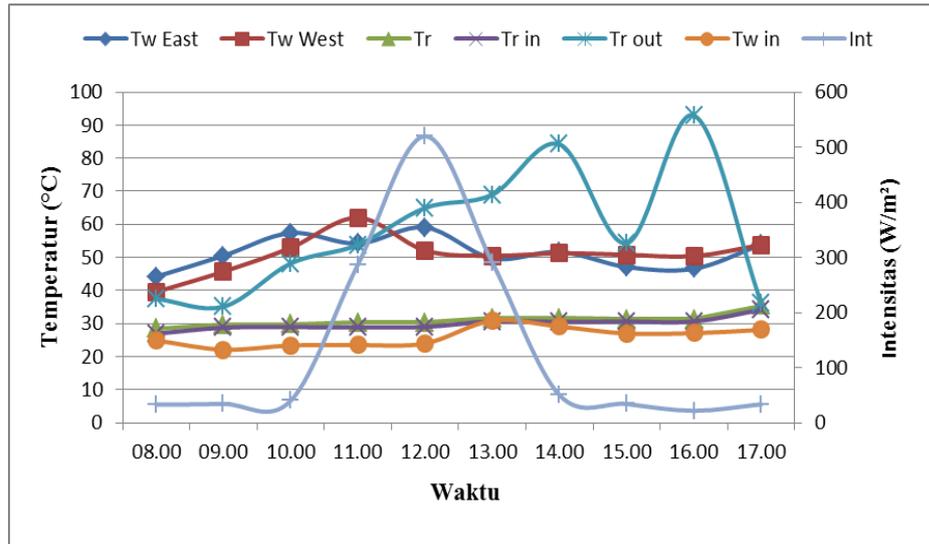
Gambar 4.5 Grafik Data Hari Kelima

Pada hari ini pagi hari diawali dengan tingkat intensitas matahari menunjukkan angka yang tinggi dengan rata-rata angka 300- 500 (W/m²) hal ini yang menyebabkan tinggi nya suhu pada atap bagian kanan(Timur), dan mulai menurun disore hari ketika posisi matahari sudah mengarah ke wilayah barat. Data pada hari keenam dapat kita lihat pada grafik 4.6 dibawah ini.

4.6 Data Hari Keenam

Tabel 4.6 Data Hari Keenam

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Int
08.00	44,2	39,6	28,56	26,94	37,5	24,9	33
09.00	50,5	45,7	29,62	28,75	35,1	22,1	34,3
10.00	57,4	52,9	29,75	28,94	48,2	23,4	40,1
11.00	54,2	62	30,31	28,87	53,8	23,5	287,1
12.00	59,1	52,1	30,25	29	65	24	519,9
13.00	49,7	50,5	31,56	30,69	69	30,9	290,6
14.00	51,7	51,3	31,56	30,5	84,2	29,1	50
15.00	47,1	50,8	31,31	30,62	54,3	27	34,1
16.00	46,6	50,4	31,25	30,62	92,9	27,1	21,8
17.00	53,9	53,8	35,44	34,19	36,1	28,1	33,6



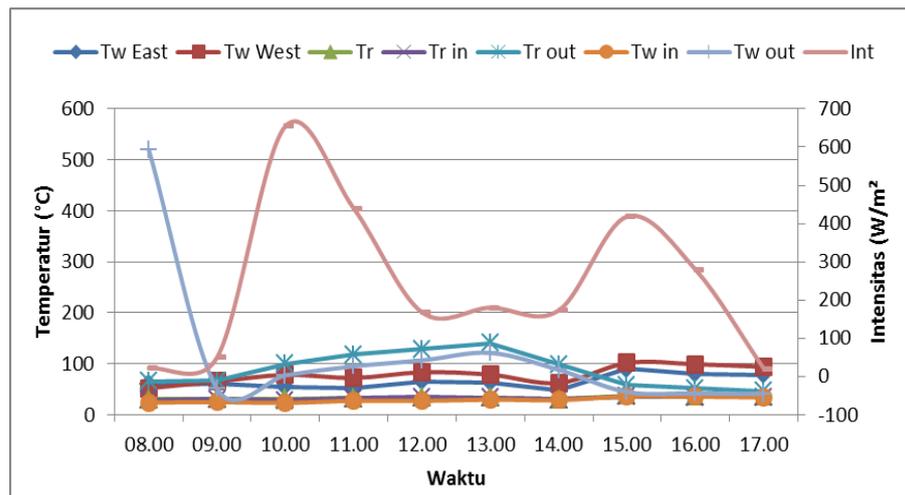
4.6 Grafik Data Hari Keenam

Pada dua hari terakhir pengambilan data dimulai dari pukul 11.00 Wib, seperti terlihat pada grafik diatas sensor pada atap bagian atas mendeteksi tingkat suhu yang paling tinggi sepanjang hari diawali dengan suhu sekitar 69°C, kemudian sedikit turun pada pukul 15.00-16.00 Wib dan naik kembali hingga mencapai suhu 88°C pada waktu berikutnya. Pengambilan data terakhir akan kita lihat pada grafik 4.7.

4.7 Data Hari Ketujuh

Tabel 4.7 Data Hari Ketujuh

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	Int
08.00	59,1	52,1	30,25	29	65	24	519,9	21,8
09.00	60	65,2	30,87	29,75	66,3	24,9	50,7	50
10.00	55,3	78,3	31	28,51	99,4	23,4	77,3	654,6
11.00	51,2	72,3	32,88	32,88	117,4	27,3	95,1	439,3
12.00	65,1	83,2	33,13	34,63	128,8	27,2	106,6	167,8
13.00	63,9	78,7	33,06	33,65	140,5	29,6	121,4	180,2
14.00	47,7	62,3	30,62	29,75	99	28,7	88,1	173
15.00	90,6	101,5	37,75	35,69	58	35,9	44,6	418,5
16.00	80,8	99,1	36,13	34,44	51,1	35,5	42	279,8
17.00	78,7	94	36,25	34,56	46,8	34,1	41	20,8



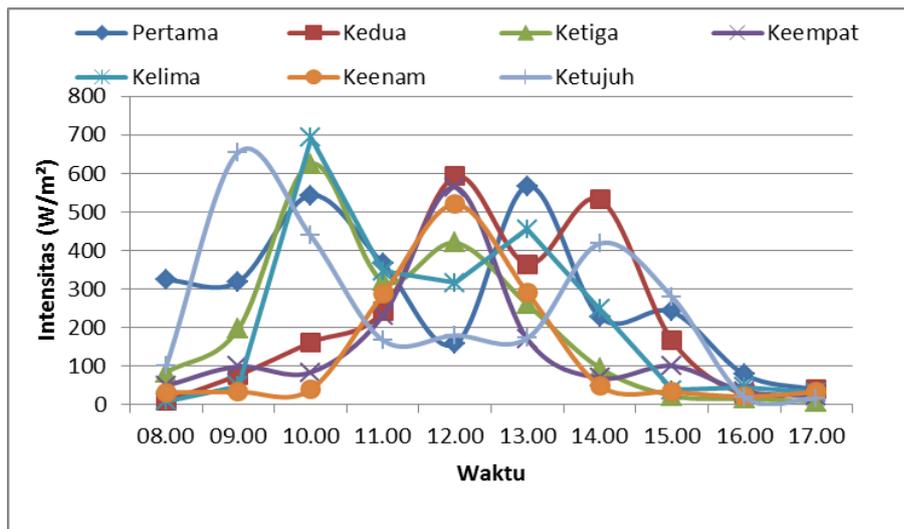
Gambar 4.7 Grafik Data Hari Ketujuh

Grafik ini adalah perolehan data pada hari terakhir setelah 7 hari pengambilan data berdasarkan grafik dapat kita lihat suhu pada atap luar memiliki angka suhu yang paling tinggi, tetapi dengan adanya air didalam atap yang berfungsi untuk menyerap panas menjadikan suhu di dalam ruangan tetap stabil di rata-rata angka 31°C.

4.1.2. Data Intensitas Matahari

Intensitas matahari menjadi salah satu faktor terpenting pada penelitian ini semakin besar tingkat intensitas mataharinya maka semakin besar pula suhu yang diterima atap dan akan sedikit memperberat kerja air sebagai fluida pendingin. Data intensitas matahari selama pengambilan data dapat kita lihat pada grafik 4.8.

Time	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
08.00	324,3	10,3	84,4	49,6	10,3	33	99,7
09.00	320	77,53	197,4	99,7	49,6	34,3	654,6
10.00	543,6	162,1	624,9	84,4	693,1	40,1	439,3
11.00	366,3	243,3	321,1	231,6	346,8	287,1	167,8
12.00	158	592,4	420,2	564,3	316	519,9	180,2
13.00	567,2	365,4	260,5	169,9	454,8	290,6	173
14.00	228	532,7	95,9	69,8	249	50	418,5
15.00	241,8	166,8	24	101,3	39,1	34,1	279,8
16.00	79,43	27,6	16	35,21	45,6	21,8	20,8
17.00	39	39,7	9	24,1	32	33,6	16,9



Gambar 4.8 Grafik Intensitas Matahari

Pada grafik dapat kita lihat bahwa puncak intensitas matahari tertinggi terjadi pada hari rabu pada pukul 11.00-12.00 Wib dengan rata-rata angka lebih dari 600 (W/m^2). Pengambilan data ini tidak setiap harinya berjalan dengan lancar seperti pada grafik terdapat kekosongan pada waktu-waktu tertentu. Beberapa faktor penyebabnya adalah faktor alam berupa hujan dan juga faktor lain yaitu human eror(kelalaian waktu pada pemasangan alat perekam suhu). Terdapat beberapa hari yang memiliki tingkat intensitas matahari rendah seperti hari kamis dan senin, pada kedua hari ini dalam beberapa waktu tingkat intensitas matahari hampir menyentuh angka 0. Dan untuk hari-hari lainnya stabil berada pada rata-rata angka 250-480 (W/m^2).

4.2 Pembahasan Data Hasil Pengujian

Data yang sudah diperoleh selama 7 hari akan dikerjakan menggunakan persamaan laju perpindahan panas. Terdapat tiga perpindahan panas yang akan di hitung yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Hasil perhitungan akan di tampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.2.1 Laju perpindahan panas hasil pembahasan

Setelah mendapatkan rata-rata pada data selanjutnya akan di hitung laju perpindahan panas yang terjadi secara konduksi, radiasi, dan konveksi. Hasil perhitungan akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik seperti.

4.2.1.1 Perhitungan laju perpindahan panas konduksi hari pertama

Pengujian dilakukan pada pukul 08.00

- Konduksi

Diketahui: $k = 5,932 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$
 $A = 0,0016 \text{ m}^2$
 $\Delta T = 19,76 \text{ }^\circ\text{C}$
 $d = 0,0025 \text{ m}$

$$Q = \frac{kA\Delta T}{d}$$

$$Q = \frac{(5,932 \times 0,0016 \times 19,76)}{0,0025}$$

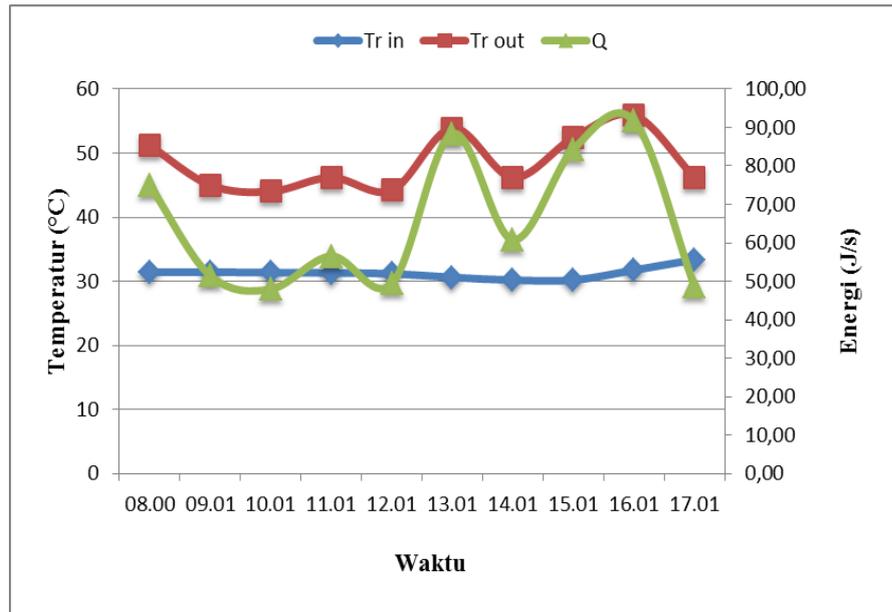
$$Q = 75,02 \text{ J/s}$$

Untuk hasil pengujian pukul 09.00 dan seterusnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.8 Perpindahan Panas Konduksi Hari Pertama

Time	Tr in	Tr out	Q
08.00	31,44	51,2	75,02
09.00	31,44	45	51,48
10.00	31,37	44	47,95
11.00	31,31	46,2	56,53
12.00	31,19	44,2	49,39
13.00	30,62	53,9	88,38
14.00	30,19	46,2	60,78
15.00	30,19	52,4	84,32
16.00	31,75	55,9	91,68
17.00	33,38	46,2	48,67

Tabel 4.1 Menunjukkan hasil perhitungan perpindahan panas pada hari pertama, dari tabel dapat dilihat perpindahan panas tertinggi terjadi pada pukul 16.01 Wib dengan nilai angka 91,68 (J/s). Ilustrasi grafik dapat dilihat pada gambar 4.9 berdasarkan hasil data 4.1.



Gambar 4.9 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Pertama

Terlihat pada grafik perpindahan panas yang terjadi pada hari pertama terjadi kenaikan dan penurunan secara berkala. Diawali dari pukul 08.00 Wib dengan nilai angka yang terbilang tinggi yaitu 75,02 (J/s) , titik grafik terendah berada pada pukul 10.01 Wib. Selanjutnya perhitungan perpindahan panas konduksi pada hari kedua sebagai berikut.

4.2.1.2 Perhitungan perpindahan panas konduksi hari kedua

Pengujian dilakukan pada pukul 08.00 Wib

Diketahui : $k = 5,932 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$

$A = 0,0016 \text{ m}^2$

$\Delta T = 10,56 \text{ }^\circ\text{C}$

$d = 0,0025 \text{ m}$

$$Q = \frac{kA\Delta T}{d}$$

$$Q = \frac{(5,932 \times 0,0016 \times 10,56)}{0,0025}$$

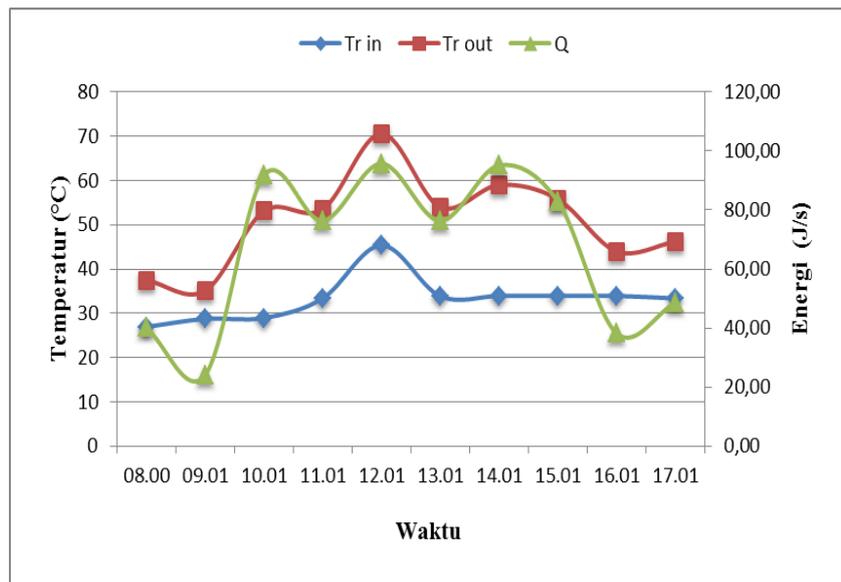
$$Q = 40,09 \text{ J / s}$$

Hasil pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat di lihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Time	Tr in	Tr out	Q
08.00	26,94	37,5	40,09
09.00	28,75	35,1	24,11
10.00	28,94	53,1	91,72
11.00	33,38	53,5	76,39
12.00	45,38	70,6	95,75
13.00	33,88	54	76,39
14.00	33,94	59	95,14
15.00	33,94	55,8	82,99
16.00	33,94	44	38,19
17.00	33,38	46,2	48,67

Tabel 4.9 Perpindahan Panas Konduksi Hari Kedua

Pada tabel 4.2 nilai perpindahan panas konduksi terendah terjadi pada pukul 09.01. Hasil ini didapat pada pengujian hari kedua. Grafik nilai bisa dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.10 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Kedua

Dari grafik dapat dilihat bahwa pada pukul 10.00 Wib sampai 15.01 terjadi naik turun secara stabil dengan rata-rata nilai angka diatas 80 (J/s). Namun pada jam berikutnya mengalami penurunan yang drastis. Perhitungan hari berikutnya bisa dilihat disetelah ini.

4.2.1.3 Perhitungan perpindahan panas konduksi hari ketiga

Pengujian mulai pada pukul 08.00 Wib sampai 12.00 Wib

$$\text{Diketahui : } k = 5,932 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$$

$$A = 0,0016 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 10,63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$d = 0,0025 \text{ m}$$

$$Q = \frac{kA\Delta T}{d}$$

$$Q = \frac{(5,932 \times 0,0016 \times 10,63)}{0,0025}$$

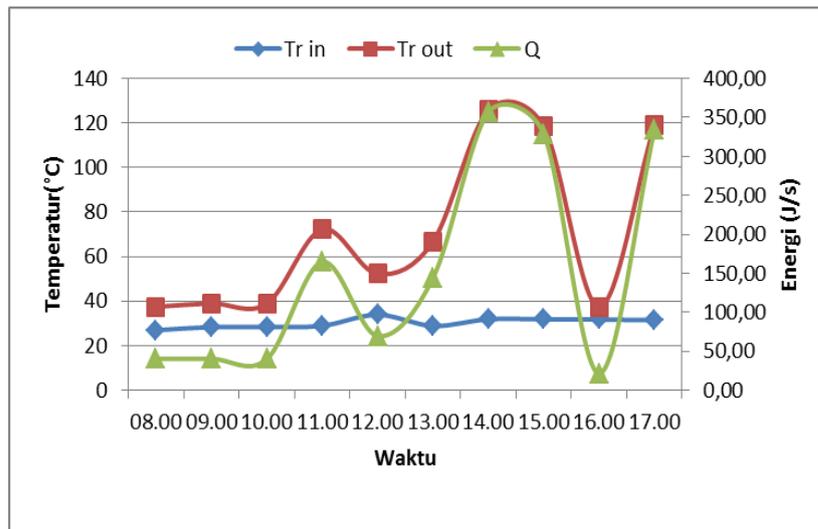
$$Q = 40,36 \text{ J / s}$$

Hasil perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.10 Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketiga

Time	Tr in	Tr out	Q
08.00	26,94	37,5	40,09
09.00	28,37	39	40,36
10.00	28,37	38,9	39,98
11.00	28,94	72,3	164,62
12.00	33,88	52,2	69,55
13.00	28,87	66,8	144,00
14.00	31,87	125,9	356,98
15.00	31,81	118,4	328,74
16.00	31,75	37,4	21,45
17.00	31,44	119,3	333,56

Tabel 4.3 terlihat lebih sedikit dibanding dengan tabel-tabel sebelumnya dikarenakan data yang diperoleh juga sedikit. Namun dapat dilihat hasil perhitungan panas konduksi pada tabel memiliki hasil yang tidak jauh beda dari tabel sebelumnya. Angka terendah berkisar 40 (J/s). Grafik garis tabel ini dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.11 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketiga

Perolehan hasil perpindahan panas hari ketiga dapat dilihat pada grafik diatas terlihat ada lonjakan besar yang terjadi yaitu pada pukul 11.00 Wib dengan nilai angka 164,62 (J/s). Kemudian mengalami penurunan kembali pada pukul berikutnya.

4.2.1.4 Perhitungan perpindahan panas konduksi hari keempat

Pengujian dilakukan pada pukul 08.00 Wib

Diketahui : $k = 5,932 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$

$A = 0,0016 \text{ m}^2$

$\Delta T = 8,98 \text{ }^\circ\text{C}$

$d = 0,0025 \text{ m}$

$$Q = \frac{kA\Delta T}{d}$$

$$Q = \frac{(5,932 \times 0,0016 \times 8,98)}{0,0025}$$

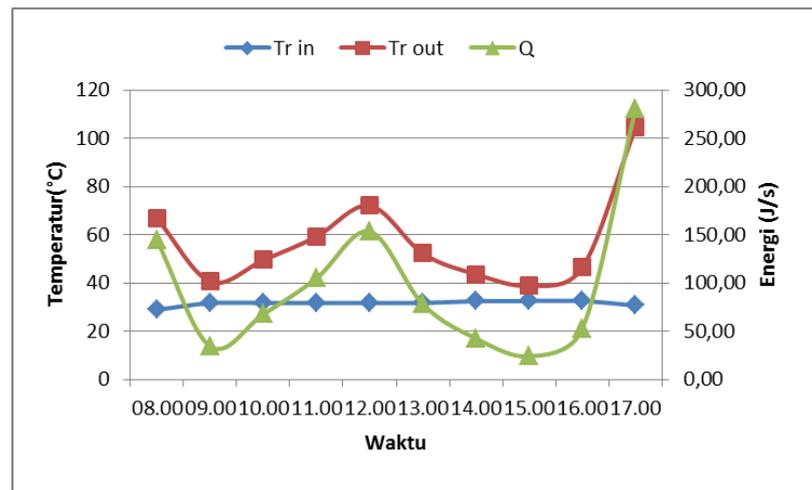
$$Q = 34,09 \text{ J / s}$$

Hasil perhitungan pada pukul berikutnya dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.11 Perpindahan Panas Konduksi Hari Keempat

Time	Tr in	Tr out	Q
08.00	28,87	66,8	144,00
09.00	31,62	40,6	34,09
10.00	31,69	49,5	67,62
11.00	31,62	59,2	104,71
12.00	31,69	72,1	153,42
13.00	31,69	52,2	77,87
14.00	32,44	43,6	42,37
15.00	32,5	38,8	23,92
16.00	32,5	46,4	52,77
17.00	30,62	104,5	280,48

Tabel 4.4 merupakan hasil perhitungan perpindahan panas konduksi hari keempat, terlihat perpindahan panas yang terjadi sangat dipengaruhi oleh besarnya tingkat intensitas matahari. Tingkat intensitas matahari yang rata-rata berada pada angka 250 (W/m²) membuat besarnya perpindahan panas yang terjadi. Grafik garis tabel ini dapat dilihat pada gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar. 4.12 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Keempat

Pada hari keempat perpindahan panas terjadi secara signifikan, mengalami naik dan turun yang teratur. Dengan puncak tertinggi pada pukul 12.00 Wib dengan nilai angka 153,42 (J/s), dan titik terendah pada pukul 15.00 wib dengan nilai angka hanya sebesar 23,92 (J/s)

4.2.1.5 Perpindahan panas konduksi hari kelima

Pengujian dilakukan pukul 08.00 Wib

$$\text{Diketahui : } k = 5,932 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$$

$$A = 0,0016 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 83,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$d = 0,0025 \text{ m}$$

$$Q = \frac{kA\Delta T}{d}$$

$$Q = \frac{(5,932 \times 0,0016 \times 83,2)}{0,0025}$$

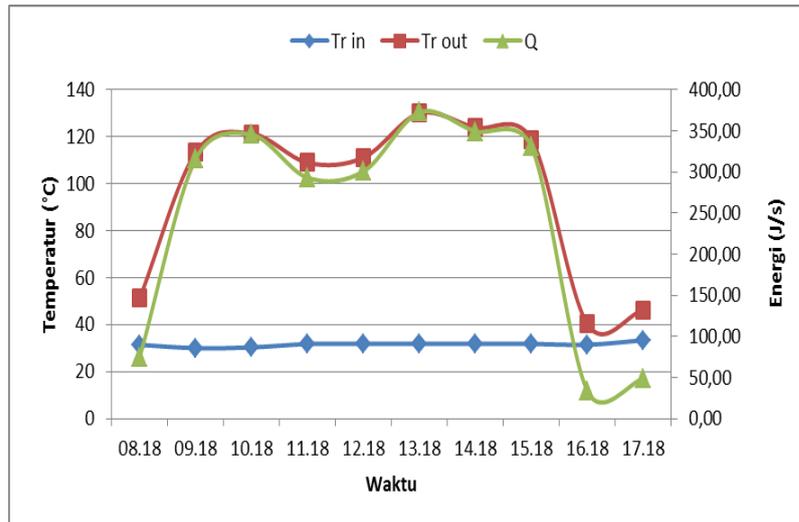
$$Q = 315,87 \text{ J / s}$$

Hasil perhitungan pada Pukul 09.00 Wib dan dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.12 Peerpindahan Panas Konduksi Hari Kelima

Time	Tr in	Tr out	Q
08.00	31,44	51,2	75,02
09.00	30	113,2	315,87
10.00	30,34	121,3	345,33
11.00	31,75	108,9	292,90
12.00	31,87	111,1	300,80
13.00	31,87	130	372,55
14.00	31,81	123,8	349,24
15.00	31,81	118,8	330,26
16.00	31,44	40,2	33,26
17.00	33,38	46,2	48,67

Pada tabel 4.5 terlihat hasil perpindahan panas yang terjadi pada hari kelima sangat tinggi. Dengan rata-rata nilai angka 250 (J/s). Besarnya nilai perpindahan panas dipengaruhi oleh besarnya data suhu yang didapat pada saat pengujian. Grafik garis dapat dilihat pada dibawah ini.



Gambar 4.13 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Kelima

Dari grafik dapat kita lihat tingginya perpindahan panas yang terjadi pada hari kelima. Titik terendah berada pada nilai angka 278,85 (J/s). Perpindahan panas terjadi secara stabil.

4.2.1.6 Perpindahan panas konduksi hari keenam

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $k = 5,932 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$

$A = 0,0016 \text{ m}^2$

$\Delta T = 24,93 \text{ }^\circ\text{C}$

$d = 0,0025 \text{ m}$

$$Q = \frac{kA\Delta T}{d}$$

$$Q = \frac{(5,932 \times 0,0016 \times 24,93)}{0,0025}$$

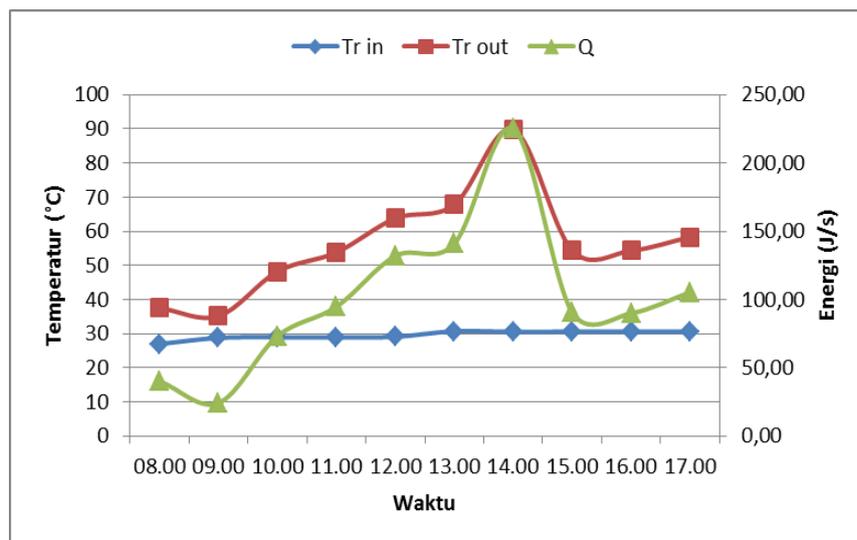
$$Q = 94,65 \text{ J / s}$$

Hasil perhitungan pada pukul seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.13 Perpindahan Panas Konduksi Hari Keenam

Time	Tr in	Tr out	Q
08.00	26,94	37,5	40,09
09.00	28,75	35,1	24,11
10.00	28,94	48,2	73,12
11.00	28,87	53,8	94,65
12.00	29,06	63,8	131,89
13.00	30,69	67,8	140,89
14.00	30,5	89,8	225,13
15.00	30,56	54,4	90,51
16.00	30,62	54,3	89,90
17.00	30,56	58,3	105,31

Hasil pengujian hari keenam dapat dinilai kurang stabil karena mengalami naik turun yang drastis. Misal pada pukul 11.42 Wib perpindahan panas berada pada angka 94,65 (J/s), namun secara drastis naik ke nilai angka 225,13 (J/s) pada pukul 14.42 Wib. Hal ini dapat dipengaruhi oleh tingkat intensitas matahari yang kurang stabil. Grafik garis dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.14 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Keenam

Pada hari keenam nilai perpindahan panas diawali dengan naik secara signifikan namun pada pukul 15.47 Wib mengalami turun yang sangat drastis. Kemudian naik kembali pada pukul 16.47 Wib sekaligus menjadi titik tertinggi pada grafik.

4.2.1.7 Perpindahan panas konduksi hari ketujuh

Pengujian dimulai pada pukul 08.00 Wib

Diketahui : $k = 5,932 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$

$$A = 0,0016 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 36,55^\circ\text{C}$$

$$d = 0,0025 \text{ m}$$

$$Q = \frac{kA\Delta T}{d}$$

$$Q = \frac{(5,932 \times 0,0016 \times 36,55)}{0,0025}$$

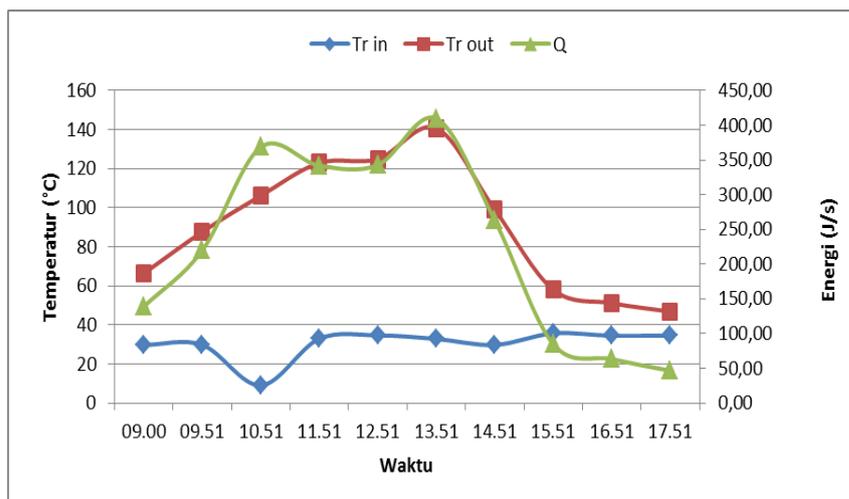
$$Q = 138,76 \text{ J / s}$$

Hasil pengujian pada pukul selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.14 Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketujuh

Time	Tr in	Tr out	Q
08.00	29,75	66,3	138,76
09.00	29,75	87,6	219,63
10.00	9,05	106,1	368,45
11.00	32,88	122,9	341,76
12.00	34,63	124,9	342,71
13.00	32,81	140,7	409,60
14.00	29,75	99	262,91
15.00	35,69	58	84,70
16.00	34,44	51,1	63,25
17.00	34,56	46,8	46,47

Tabel 4.7 menjelaskan semua hasil perhitungan perpindahan panas secara konduksi di hari terakhir, pada hari ini tingkat perpindahan panas yang terjadi sangat tinggi. Dengan titik terendah berada pada nilai angka 138,76 (J/s), dan terus mengalami kenaikan hingga titik puncak berada pada nilai angka 405,65 (J/s). Grafik garis dapat dilihat dibawah ini.

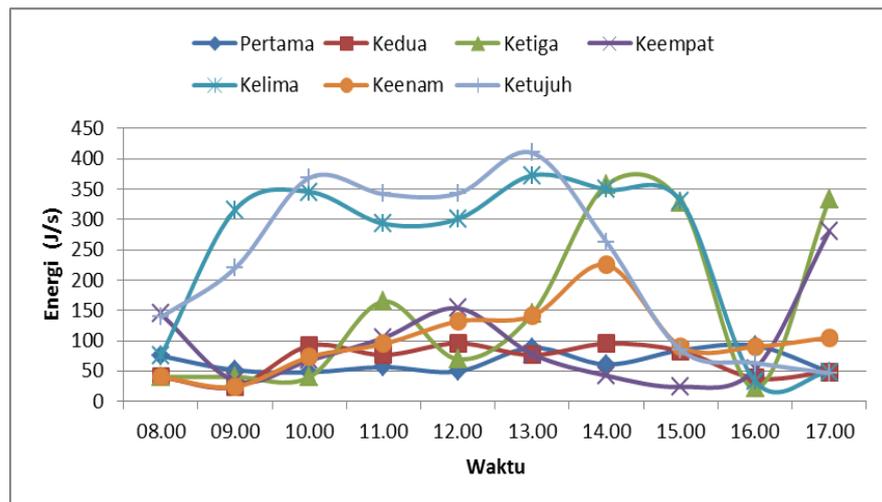


Gambar 4.15 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Hari Ketujuh

Pada grafik dapat kita lihat garis yang naik secara terus menerus hingga mencapai titik puncak pada pukul 13.46 Wib dengan nilai angka 405,65 (J/s), kemudian turun pada nilai angka 262,91 (J/s) dipukul 14.46 Wib. Hasil pengujian selama 7 hari akan ditampilkan pada bab berikutnya.

Total perpindahan panas konduksi yang terjadi selama tujuh hari dapat dilihat pada tabel 4.15 dibawah ini.

Time	Q Konduksi Total						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
08.00	75,02	40,09	40,39	144,00	75,02	40,09	138,76
09.00	51,48	24,11	40,36	34,09	315,87	24,11	219,63
10.00	47,95	91,72	39,98	67,62	345,33	73,12	368,45
11.00	56,53	76,39	164,62	104,71	292,9	94,65	341,76
12.00	49,39	95,75	69,55	153,43	300,8	131,89	342,71
13.00	88,38	76,39	144,00	77,87	372,55	140,89	409,60
14.00	60,78	95,14	356,98	42,37	349,24	225,13	262,91
15.00	84,32	82,99	328,74	23,92	330,26	90,51	84,70
16.00	91,68	38,19	21,45	52,77	33,26	89,90	63,25
17.00	48,67	48,67	333,36	280,48	48,67	105,31	46,47



Gambar 4.16 Grafik Perpindahan Panas Konduksi Total

4.2.2.1 Perpindahan panas konveksi hari pertama

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $h_{west} = 30,44 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 8,2^\circ\text{C}$$

$h_{east} = 143,33 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 8,3^\circ$$

Mencari h :

$$h = Nu \frac{k}{D}$$

- $$Q_{west} = hxAx\Delta T$$

$$= 30,44 \times 0,032 \times 8,2$$

$$= 7,99 \text{ J / s}$$
- $$Q_{east} = hxAx\Delta T$$

$$= 143,33 \times 0,032 \times 8,3$$

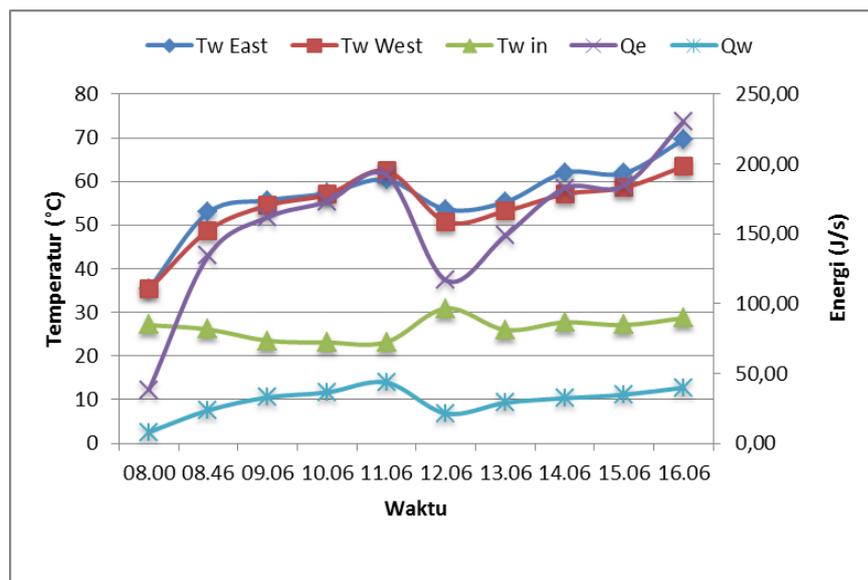
$$= 38,7 \text{ J / s}$$

Hasil pengujian pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.8.

Time	Tw East	Tw West	Tw in	Qe	Qw
08.00	35,4	35,3	27,1	38,07	7,99
09.00	54,1	53,1	23,4	152,89	31,26
10.00	56,9	55,5	22,8	172,06	34,78
11.00	59,7	61,5	23,1	187,96	42,36
12.00	48,1	45,4	30,7	86,60	15,32
13.00	55	52,9	24,9	151,69	29,63
14.00	59,6	55,9	28,4	164,31	30,09
15.00	62,8	59,6	27,7	187,91	35,58
16.00	70,3	63,9	28,9	234,52	40,35
17.00	70,4	58,6	28,4	237,40	33,59

Tabel 4.16 Perpindahan Panas Konveksi Hari Pertama

Pada tabel 4.8 dapat dilihat bahwa pada atap kanan perpindahan panas yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan atap kiri. Salah satu faktor penyebabnya bisa karena tingkat intensitas cahaya yang di terima atap kanan lebih banyak dan lama dibanding dengan atap kiri. Grafik garis dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.17 Perpindahan Panas Konveksi Pada Hari Pertama

Dari grafik dapat kita lihat perbandingan yang sangat jauh berbeda antara kedua sisi atap. Titik puncak pada grafik berada pada atap kanan pukul 17.01 Wib, dan titik terendah berada pada atap kiri pada pukul 12.01 Wib.

4.2.2.2 Perpindahan panas konveksi hari kedua

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $h_{west} = 30,44 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 14,7^\circ\text{C}$$

$h_{east} = 148,50 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 19,3^\circ\text{C}$$

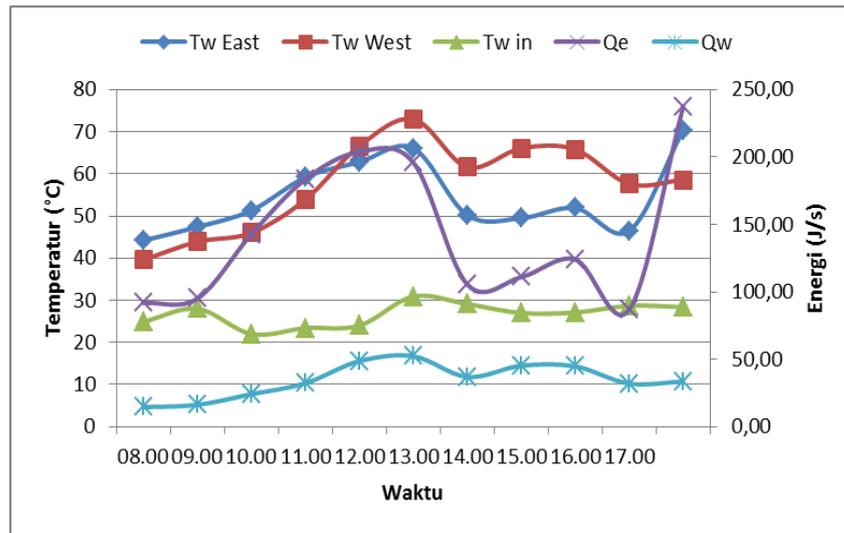
- $Q_{west} = hxAx\Delta T$
 $= 30,44 \times 0,032 \times 14,7$
 $= 14,5 \text{ J / s}$
- $Q_{east} = hxAx\Delta T$
 $= 148,50 \times 0,032 \times 19,3$
 $= 91,72 \text{ J / s}$

Hasil pengujian pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini.

Tabel 4.17 Perpindahan Panas Konveksi Hari Kedua

Time	Tw East	Tw West	Tw in	Qh	Qh
08.00	44,2	39,6	24,9	91,72	14,50
09.00	50,5	45,7	22,1	137,88	23,74
10.00	58,8	60,2	23,5	180,67	40,25
11.00	52	53,3	20,6	152,70	34,03
12.00	63,7	75,1	30,7	180,53	55,96
13.00	58	63,5	27,3	159,25	41,28
14.00	48,4	63,4	27,1	104,49	41,33
15.00	50,6	66,1	27,7	114,02	44,63
16.00	46,2	58,3	28,9	84,52	32,72
17.00	70,4	58,6	28,4	237,40	33,59

Tabel 4.9 memperlihatkan perolehan hasil perhitungan perpindahan panas konveksi pada hari kedua. Terlihat atap kanan memiliki nilai angka yang lebih tinggi dari atap kiri sama seperti hari sebelumnya, dengan nilai tertinggi pada angka 237,40 (J/s).



Gambar 4.18 Perpindahan Panas Konveksi Hari Kedua

Pada grafik warna merah menunjukkan nilai angka atap kanan, terlihat perbedaan yang jauh diantara kedua garis grafik walaupun sama-sama mengalami kenaikan yang signifikan pada setiap jam nya. Terjadi lonjakan kenaikan pada atap kanan dipukul 17.00 Wib.

4.2.2.3 Perpindahan panas konveksi hari ketiga

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $h_{west} = 35,89 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 24,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$h_{east} = 166,35 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 22,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

- $$Q_{west} = hxA\Delta T$$

$$= 35,89 \times 0,032 \times 24,8$$

$$= 28,48 \text{ (J / s)}$$
- $$Q_{east} = hxA\Delta T$$

$$= 166,35 \times 0,032 \times 22,4$$

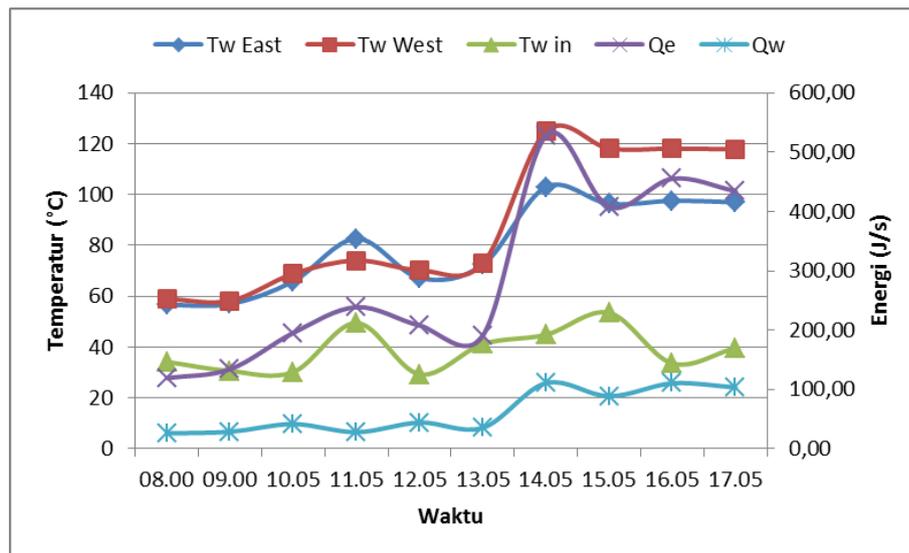
$$= 119,24 \text{ (J / s)}$$

Hasil pengujian pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.18 Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketiga

Time	Tw East	Tw West	Tw in	Qe	Qw
08.00	56,6	59	34,2	119,24	26,08
09.00	57	58,2	30,6	134,28	28,75
10.05	65,9	68,9	30,2	195,49	41,67
11.05	82,7	74,1	49,5	238,84	28,04
12.05	67,2	70,3	29,3	208,00	44,27
13.05	72,4	73	41,2	190,62	35,50
14.05	103	124,9	44,9	527,88	110,84
15.05	96,4	118,2	53,5	407,62	88,63
16.05	97,6	118,1	33,6	455,46	110,42
17.05	97	117,9	39,7	434,65	103,53

Pada tabel 4.10 dapat dilihat hasil perhitungan perpindahan panas pada hari ketiga. Pencapaian tertinggi pada perpindahan panas ini masih berada pada atap kanan, dan pencapaian terendah ada pada atap kiri dengan nilai angka 28,48 (J/s). Grafik garis dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.19 Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketiga

Pada hari pengujian ketiga perpindahan panas terendah terjadi pada atap kiri dengan nilai angka 28,48 (J/s). Salah satu faktor yang menyebabkan adalahnya sedikitnya tingkat intensitas matahari yang di terima.

4.2.2.4 Perpindahan panas konveksi hari keempat

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $h_{west} = 32,08 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 16,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$h_{east} = 144,88 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 8,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

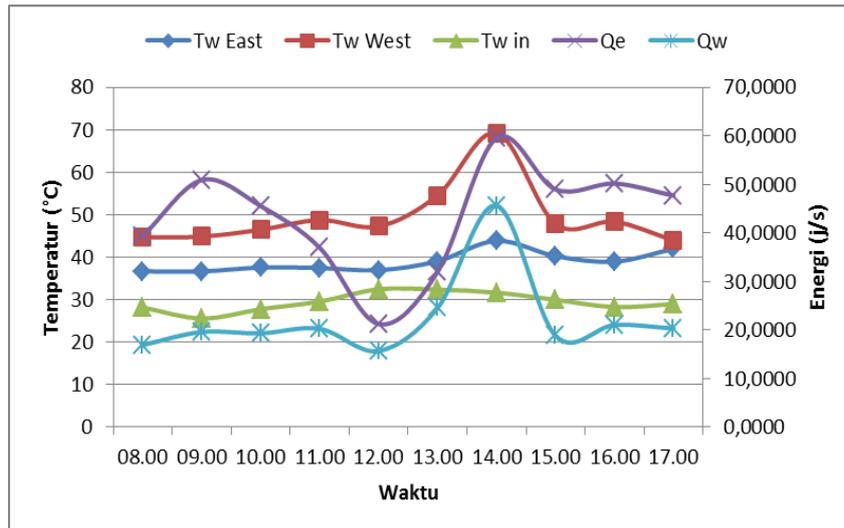
- $Q_{west} = hxAx\Delta T$
 $= 32,8 \times 0,032 \times 16,5$
 $= 16,94 \text{ (J / s)}$
- $Q_{east} = hxAx\Delta T$
 $= 144,88 \times 0,032 \times 8,5$
 $= 39,40 \text{ (J / s)}$

Hasil pengujian pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.19 Perpindahan Panas Konveksi Hari Keempat.

Time	Tw East	Tw West	Tw in	Qe	Qw
08.00	36,7	44,7	28,2	39,4098	16,9408
09.00	36,7	44,9	25,6	50,9361	19,6186
10.00	37,6	46,5	27,8	45,5687	19,3523
11.00	37,5	48,8	29,6	36,9845	20,2836
12.00	37	47,3	32,5	21,2663	15,7102
13.00	39,1	54,6	32,4	31,9968	24,5805
14.00	43,9	69,3	31,7	59,5924	45,6783
15.00	40,3	47,9	30	48,9992	18,8496
16.00	39	48,4	28,3	50,2081	21,0641
17.00	42	44	29	47,7325	20,3461

Pada tabel 4.11 terlihat perbedaan angka yang tidak terlalu jauh antara atap kanan dan kiri. Tetapi nilai angka pada atap kanan masih lebih tinggi. Pada atap kanan nilai terendah berada pada pukul 12.00 Wib dengan nilai angka 10,21 (J/s). Grafik garis dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.20 Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Keempat

Pada grafik terlihat ada persilangan garis pada pukul 12.00 Wib dimana nilai angka atap kanan turun secara drastis melewati garis grafik atap kiri. Namun naik kembali pada pukul berikutnya. Titik terendah pada grafik berada pada angka 10,21 (J/s).

4.2.2.5 Perpindahan panas konveksi hari kelima

Pengujian dimulai pada pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $h_{west} = 44,13 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 62,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$h_{east} = 209,30 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 63,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

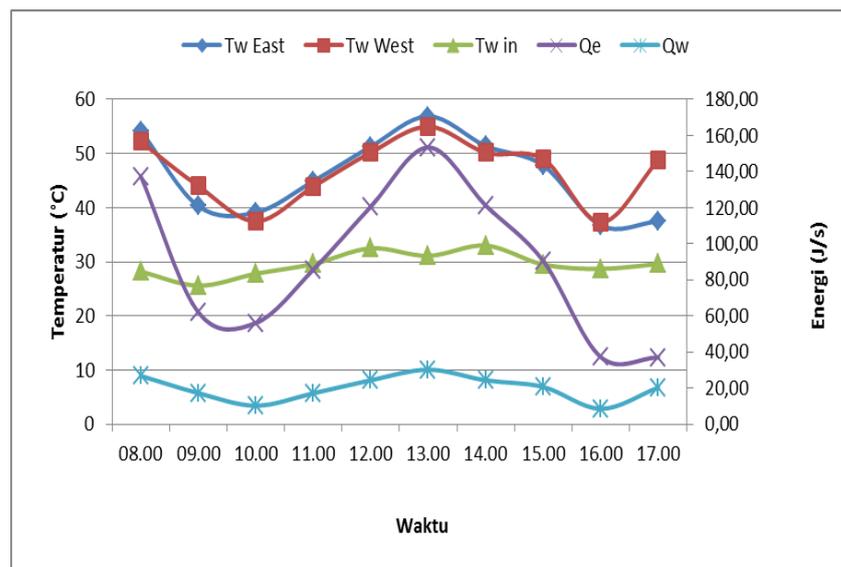
- $Q_{west} = hxAx\Delta T$
 $= 44,13 \times 0,032 \times 62,4$
 $= 88,13 \text{ (J / s)}$
- $Q_{east} = hxAx\Delta T$
 $= 209,30 \times 0,032 \times 63,2$
 $= 423,29 \text{ (J / s)}$

Hasil perhitungan pada pukul selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4.20 Perpindahan Panas Konveksi Hari Kelima

Time	Tw East	Tw West	Tw in	Qe	Qw
08.00	54,2	52,2	28,2	137,34	26,72
09.00	40,3	44	25,6	62,04	17,21
10.00	39,1	37,5	27,8	56,06	10,24
11.00	44,9	43,9	29,6	85,69	17,10
12.00	51,3	50,2	32,5	120,63	24,32
13.00	56,9	55	31,1	153,42	30,18
14.00	51,4	50,16	33	121,20	24,27
15.00	47,8	49	29,5	90,43	20,61
16.00	36,7	37,3	28,7	37,17	8,52
17.00	37,5	48,8	29,6	36,98	20,28

Pada tabel terlihat nilai terbesar adalah 423,29 (J/s) data tersebut berada pada pukul 10.00 Wib pada bagian atap kanan. Pada atap kanan terjadi kenaikan dan penurunan perpindahan panas dari waktu ke waktu. Dan pada pukul 17.13 Wib nilai perpindahan panas atap kanan berada pada nilai angka 90,03 (J/s). Grafik garis dari nilai tabel dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4. 21 Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Kelima

Terlihat pada grafik nilai angka dari atap kiri sangat rendah, tidak melewati angka 100 (J/s). Sedikitnya cahaya intensitas matahari yang di terima dan mulai bergesernya matahari ke arah barat dapat menjadi indikator terjadi hal ini.

4.2.2.6 Perpindahan panas konveksi hari keenam

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $h_{west} = 42,6 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 38,5^\circ\text{C}$$

$h_{east} = 155,8 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 30,7^\circ\text{C}$$

- $Q_{west} = hxAx\Delta T$
 $= 42,6 \times 0,032 \times 38,5$
 $= 42,68 \text{ (J / s)}$

- $Q_{east} = hxAx\Delta T$
 $= 155,8 \times 0,032 \times 30,7$
 $= 153,04 \text{ (J / s)}$

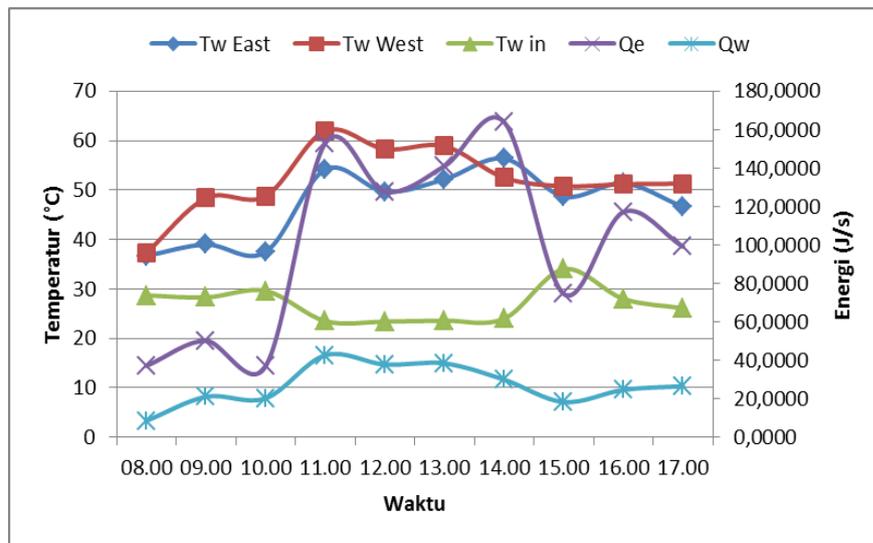
Hasil Perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4.21 Perpindahan Panas Konveksi Hari Keenam

Time	Tw East	Tw West	Tw in	Qe	Qw
08.00	36,7	37,3	28,7	37,1662	8,5157
09.00	39	48,4	28,3	50,2081	21,0641
10.00	37,5	48,8	29,6	36,9845	20,2836
11.00	54,2	62	23,5	153,0403	42,68
12.00	49,7	58,3	23,4	127,8519	37,83
13.00	52,2	58,9	23,6	141,0596	38,43
14.00	56,4	52,5	24	163,9158	29,97
15.00	48,7	50,8	34	74,5388	18,33
16.00	51,4	51,2	28	117,1897	24,66
17.00	46,6	51,3	26,1	99,1587	26,57

Pada tabel 4.13 nilai perpindahan panas terendah berada pada atap kiri dengan waktu 13.00 Wib, dan nilai tertinggi berada pada pukul 12.00 Wib dengan nilai angka 42,68 (J/s). Sedangkan atap kanan selalu memiliki nilai perpindahan panas yang lebih tinggi, banyaknya cahaya intensitas matahari yang diterima dan

selang waktu yang lebih lama terpapar matahari menjadi salah satu faktor penyebabnya. Grafik garis dari nilai data tabel diatas dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.22 Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Keenam

Pada grafik terlihat perbedaan garis yang nyata. Garis merah mewakili nilai perpindahan atap kanan berada di atas garis grafik ungu. Nilai perpindahan panas atap kiri memang selalu lebih rendah. Titik tertinggi pada garis ungu berada pada pukul 11.00 Wib dengan nilai angka 42,68 (J/s).

4.2.2.7 Perpindahan panas konveksi hari ketujuh

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $h_{west} = 35,58 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 40,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$h_{east} = 162,16 \text{ (W/m}^2\text{C)}$

$$A = 0,032 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 35,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

- $$Q_{west} = h_{west} A \Delta T$$

$$= 35,8 \times 0,032 \times 40,3$$

$$= 45,89 \text{ (J / s)}$$

- $$Q_{east} = hxAx\Delta T$$

$$= 162,16 \times 0,032 \times 35,1$$

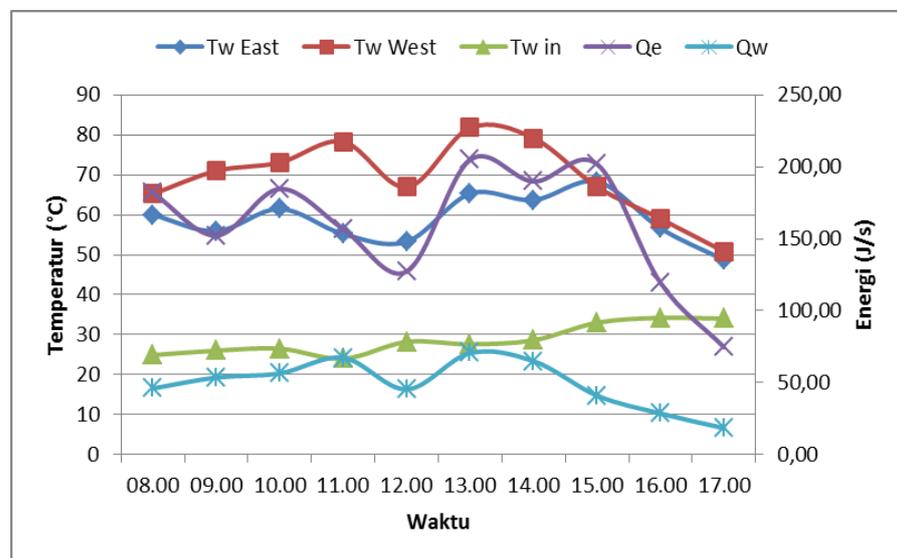
$$= 182,14 (J / s)$$

Hasil perhitungan pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.14 dibawah ini.

Time	Tw East	Tw West	Tw in	Qe	Qw
08.00	60	65,2	24,9	182,14	45,89
09.00	55,9	71	26	152,24	53,55
10.00	61,5	73,1	26,5	184,73	56,43
11.00	55,2	78,3	24	156,77	67,27
12.00	53,3	66,9	28,2	127,19	45,34
13.00	65,3	81,8	27,6	204,99	70,57
14.00	63,7	79,2	28,6	189,88	64,96
15.00	68,3	67	33	201,91	40,95
16.00	56,6	59	34,2	119,24	28,49
17.00	48,7	50,8	34	74,54	18,33

Tabel 4.22 Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketujuh

Tabel 4.14 berisikan hasil perhitungan perpindahan panas konveksi hari ketujuh. Terlihat nilai angka yang tinggi pada awal waktu pengujian yaitu 182,14 (J/s), dan berbeda drastis pada akhir waktu pengujian. Grafik garis nilai tabel dapat dilihat dibawah ini.

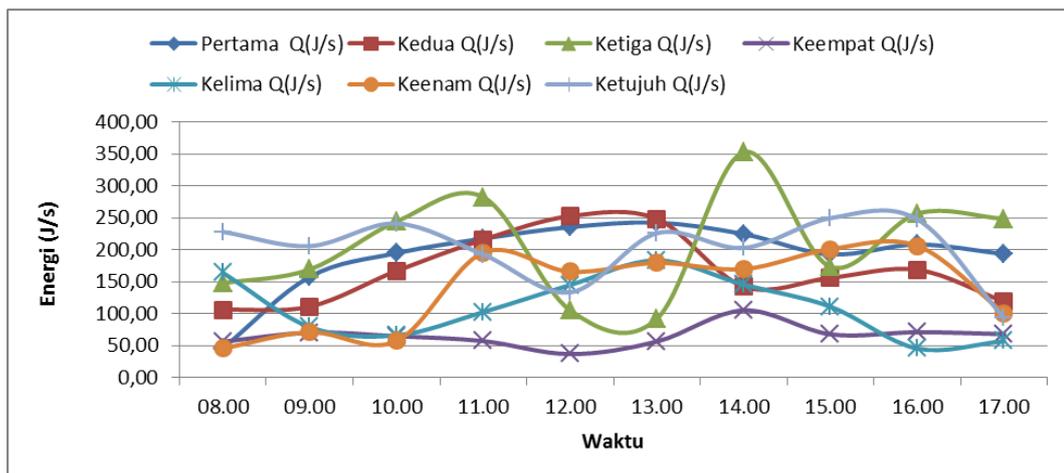


Gambar 4.23 Grafik Perpindahan Panas Konveksi Hari Ketujuh

Grafik menunjukkan perbedaan selisih angka yang jauh antara kedua atap. Atap kiri(garis ungu) mengalami perpindahan panas yang rendah ditunjukkan dengan kecilnya nilai angka disetiap jamnya, berbanding terbalik dengan atap kanan yang mengalami perpindahan panas cukup besar.

Total perpindahan panas konveksi yang terjadi selama tujuh hari dapat dilihat pada tabel 4.23 dibawah ini.

Time	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
	Q(J/s)	Q(J/s)	Q(J/s)	Q(J/s)	Q(J/s)	Q(J/s)	Q(J/s)
08.00	46,06	106,22	147,73	56,35	164,06	45,68	228,02
09.00	157,80	111,27	169,30	70,55	79,25	71,27	205,79
10.00	194,78	166,98	244,12	64,92	66,30	57,27	241,16
11.00	217,56	215,81	282,23	57,27	102,79	195,72	192,49
12.00	235,42	252,60	105,45	36,98	144,95	165,68	133,42
13.00	242,49	248,19	92,35	56,58	183,60	179,53	225,97
14.00	224,57	142,44	352,52	105,27	145,47	169,80	203,00
15.00	192,76	156,26	173,34	67,85	111,05	201,03	249,51
16.00	208,30	168,79	256,62	71,27	45,68	205,97	247,46
17.00	193,33	119,03	248,43	68,08	57,27	101,11	92,86



4.2.3.1 Perpindahan panas radiasi hari pertama

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui :

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$e = 0,97$$

$$T_r = 32,69 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_u = 30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{sky}} = 24 \text{ }^\circ$$

$$Q = \epsilon \sigma \frac{(Tr^4 - Tsky^4)}{(Tr - Tu)}$$

$$Q = 0,97 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{(32,69^4 - 24^4)}{(32,69 - 30)}$$

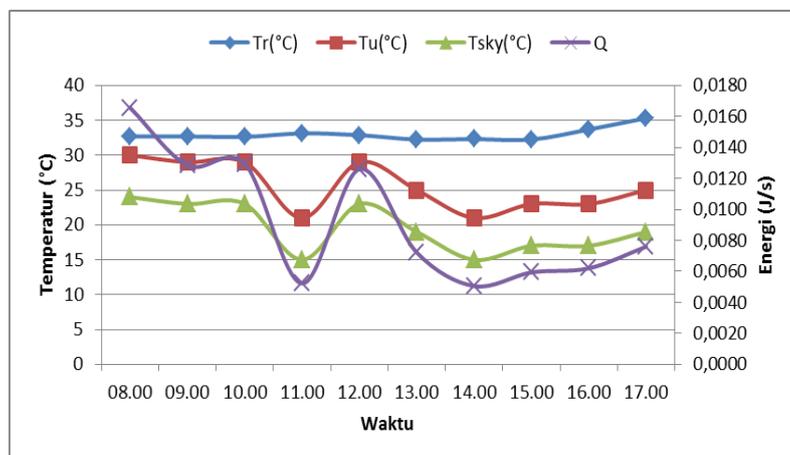
$$Q = 0,00166 (J / s)$$

Hasil perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4.24 Perpindahan Panas Radiasi Hari Pertama

Time	Tr(°C)	Tu(°C)	Tsky(°C)	Q
08.00	32,69	30	24	0,0166
09.00	32,69	29	23	0,0129
10.00	32,69	29	23	0,0129
11.00	32,69	21	15	0,0052
12.00	33,13	29	23	0,0126
13.00	33,13	25	19	0,0072
14.00	32,75	21	15	0,0051
15.00	32,25	23	17	0,0059
16.00	32,31	23	17	0,0062
17.00	32,31	25	19	0,0076

Pada tabel terlihat nilai tertinggi berada pada pukul 08.00 Wib dengan nilai angka 0,0166 (J/s). Pada pukul berikutnya terjadi penurunan secara berkala hingga pada pukul 17.00 nilai perpindahan panas hanya sebesar 0,0062 (J/s). Grafik garis dari nilai tabel dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.25 Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Pertama

Grafik garis diatas memperlihatkan hasil perhitungan perpindahan panas radiasi hari pertama, terlihat pada pukul 12.00 Wib sampai 17.00 Wib perpindahan panas yang terjadi bergerak secara perlahan tidak ada perubahan besar yang terjadi.

4.2.3.2 Perpindahan panas radiasi hari kedua

Pengujian dimulai Pukul 08.00 Wib.

Diketahui :

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$e = 0,97$$

$$T_r = 28,56^\circ\text{C}$$

$$T_u = 25^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{sky}} = 19^\circ\text{C}$$

$$Q = \epsilon \sigma \frac{(T_r^4 - T_{\text{sky}}^4)}{(T_r - T_u)}$$

$$Q = 0,97 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{(28,56^4 - 19^4)}{(28,56 - 25)}$$

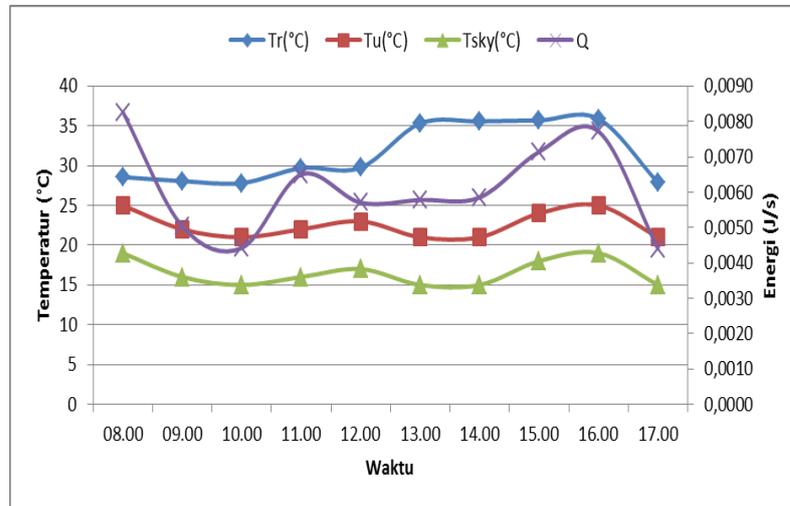
$$Q = 0,0083 \text{ (J / s)}$$

Hasil perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.25 Perpindahan Panas Radiasi Hari Kedua

Time	Tr(°C)	Tu(°C)	Tsky(°C)	Q
08.00	28,56	25	19	0,0083
09.00	28,06	22	16	0,0050
10.00	27,81	21	15	0,0044
11.00	29,69	22	16	0,0065
12.00	29,75	23	17	0,0057
13.00	35,31	21	15	0,0058
14.00	35,56	21	15	0,0058
15.00	35,69	24	18	0,0071
16.00	35,88	25	19	0,0077
17.00	27,87	21	15	0,0044

Dari tabel dapat dilihat nilai perpindahan panas radiasi terendah berada pada pukul 09.00 Wib dengan nilai angka 0,0046 (J/s). Pada hari kedua perpindahan panas yang terjadi mengalami naik turun secara bergantian, dengan puncak tertinggi berada pada pukul 08.00 Wib. Grafik garis nilai tabel dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.26 Grafik Perpindahan Pana Radiasi Hari Kedua

Besar nilai perpindahan panas dipengaruhi oleh intensitas matahari pada hari kedua tingkat intensitas matahari berada pada rata-rata nilai angka 241,089 (W/m²). Dan perpindahan panas radiasi hari kedua berada pada rata-rata nilai angka 0,0066 (J/s).

4.2.3.3 Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketiga

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui :

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$e = 0,97$$

$$T_r = 29^\circ\text{C}$$

$$T_u = 26^\circ\text{C}$$

$$T_{sky} = 20^\circ\text{C}$$

$$Q = \epsilon \sigma \frac{(T_r^4 - T_{sky}^4)}{(T_r - T_u)}$$

$$Q = 0,97 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{(29^4 - 20^4)}{(29 - 26)}$$

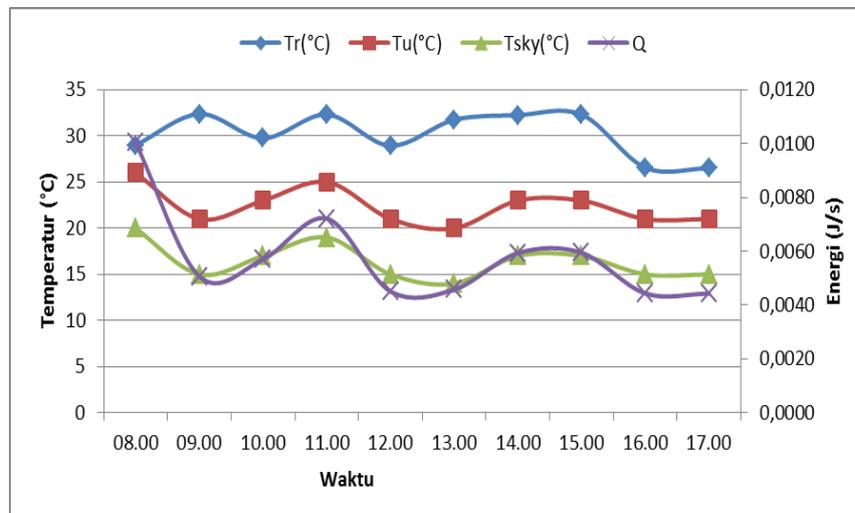
$$Q = 0,0100 (J/s)$$

Hasil perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.25 Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketiga

Time	Tr(°C)	Tu(°C)	Tsky(°C)	Q
08.00	29	26	20	0,0100
09.00	32,38	21	15	0,0051
10.00	29,75	23	17	0,0057
11.00	32,31	25	19	0,0072
12.00	28,94	21	15	0,0045
13.00	31,75	20	14	0,0046
14.00	32,25	23	17	0,0059
15.00	32,31	23	17	0,0059
16.00	26,56	21	15	0,0044
17.00	26,5	21	15	0,0044

Pada tabel dapat dilihat nilai terendah berada pada pukul 10.00 Wib, dan tertinggi pada pukul 09.00 Wib. Nilai angka tertinggi adalah 0,0100 (J/s). Tingkat intensitas matahari sangat mempengaruhi terjadinya perpindahan panas. Grafik garis nilai tabel diatas dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.27 Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketiga

Grafik diawali dengan nilai tinggi yaitu 0,0100 (J/s), kemudian mengalami penurunan pada pukul berikutnya, sedikit stabil dijam 11.00 Wib dan kembali naik pada saat akhir waktu pengujian dengan nilai angka 0,0078 (J/s).

4.2.3.4 Perpindahan panas radiasi hari keempat

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui :

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$e = 0,97$$

$$T_r = 33,4^\circ\text{C}$$

$$T_u = 24^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{sky}} = 18^\circ\text{C}$$

$$Q = \varepsilon \sigma \frac{(T_r^4 - T_{\text{sky}}^4)}{(T_r - T_u)}$$

$$Q = 0,97 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{(33,4^4 - 18^4)}{(33,4 - 24)}$$

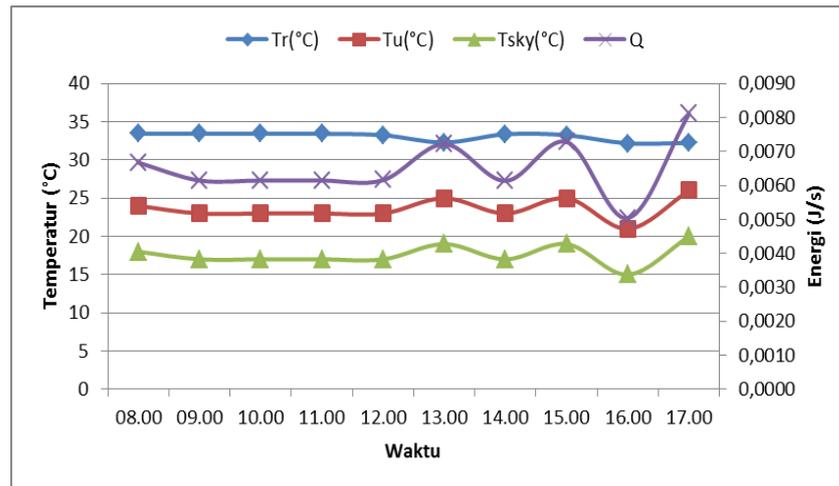
$$Q = 0,0067 \text{ (J / s)}$$

Hasil pengujian pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.18.

Tabel 4.26 Perpindahan Panas Radiasi Hari Keempat

Time	Tr(°C)	Tu(°C)	Tsky(°C)	Q
08.00	33,44	24	18	0,0067
09.00	33,44	23	17	0,0061
10.00	33,44	23	17	0,0061
11.00	33,44	23	17	0,0061
12.00	33,25	23	17	0,0062
13.00	32,31	25	19	0,0072
14.00	33,38	23	17	0,0061
15.00	33,25	25	19	0,0073
16.00	32,19	21	15	0,0050
17.00	32,25	26	20	0,0081

Pada tabel terlihat angka perpindahan panas hari keempat, nilai perpindahan panas terendah berada pada angka 0,0056 (J/s), dan nilai tertinggi pada angka 0,0081 (J/s). Rata-rata perpindahan panas yang terjadi adalah 0,0067 (J/s). Grafik garis nilai-nilai pada tabel dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.28 Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Keempat

Terlihat pada grafik garis angka mengalami naik turun, dengan titik terendah berada pada pukul 14.00 Wib dengan nilai angka 0,0050 (J/s). Dan titik tertinggi berada pada pukul 13.00 Wib dengan nilai angka 0,0081 (J/s).

4.2.3.5 Perpindahan panas radiasi hari kelima

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui : $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$
 $e = 0,97$
 $Tr = 26,44^\circ\text{C}$
 $Tu = 25^\circ\text{C}$
 $Tsky = 19^\circ\text{C}$

$$Q = \epsilon \sigma \frac{(Tr^4 - Tsky^4)}{(Tr - Tu)}$$

$$Q = 0,97 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{(22,6^4 - 19^4)}{(22,6 - 25)}$$

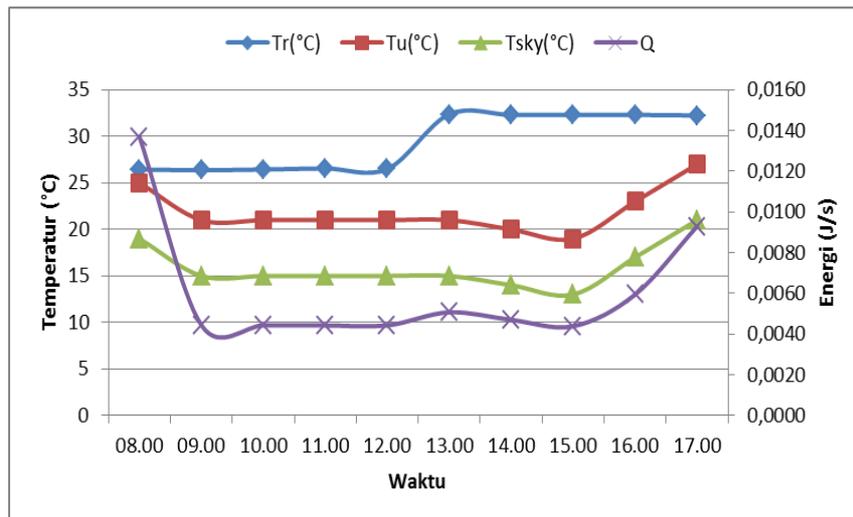
$$Q = 0,0137 \text{ J/s}$$

Hasil perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.19.

Tabel 4.27 Perpindahan Panas Radiasi Hari Kelima

Time	Tr(°C)	Tu(°C)	Tsky(°C)	Q
08.00	26,44	25	19	0,0137
09.00	26,37	21	15	0,0044
10.00	26,44	21	15	0,0044
11.00	26,56	21	15	0,0044
12.00	26,5	21	15	0,0044
13.00	32,38	21	15	0,0051
14.00	32,31	20	14	0,0047
15.00	32,31	19	13	0,0044
16.00	32,31	23	17	0,0059
17.00	32,25	27	21	0,0093

Pada tabel terlihat hasil perhitungan perpindahan panas hari kelima, nilai tertinggi berada pada pukul 10.13 Wib dengan nilai angka 0,0137 (J/s), dan nilai terendah berada pada pukul 0,0050 (J/s). Grafik garis dari nilai tabel diatas dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.29 Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Kelima

Pada grafik terlihat garis dimulai dengan nilai yang tinggi yaitu 0,0137 (/s), kemudian mengalami penurunan drastis. Pada pukul berikutnya mengalami kenaikan secara perlahan hingga pada akhir pengujian berada pada angka 0,0136 (J/s).

4.2.3.6 Perpindahan panas radiasi hari keenam

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui :

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$e = 0,97$$

$$T_r = 30,31^\circ\text{C}$$

$$T_u = 24^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{sky}} = 18^\circ\text{C}$$

$$Q = \varepsilon x \sigma \frac{(T_r^4 - T_{\text{sky}}^4)}{(T_r - T_u)}$$

$$Q = 0,97 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{(30,31^4 - 18^4)}{(30,31 - 24)}$$

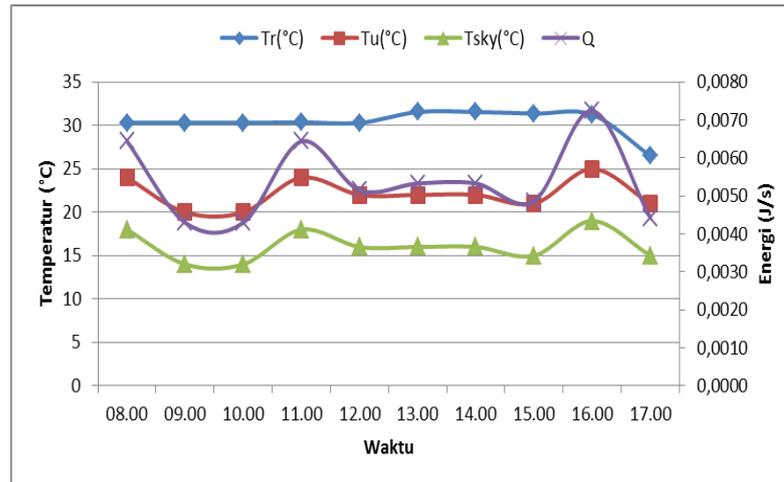
$$Q = 0,0064 \text{ (J / s)}$$

Hasil perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.28 Perpindahan Panas Radiasi Hari Keenam

Time	Tr(°C)	Tu(°C)	Tsky(°C)	Q
08.00	30,31	24	18	0,0064
09.00	30,31	20	14	0,0043
10.00	30,31	20	14	0,0043
11.00	30,37	24	18	0,0064
12.00	30,31	22	16	0,0052
13.00	31,56	22	16	0,0053
14.00	31,56	22	16	0,0053
15.00	31,37	21	15	0,0049
16.00	31,25	25	19	0,0072
17.00	26,5	21	15	0,0044

Terlihat pada tabel nilai tertinggi berada pada pukul 16.00 Wib dengan nilai angka 0,0083 (J/s), dan untuk nilai terendah berada pada pukul 14.00 dengan nilai angka 0,0049 (J/s). Grafik garis dari nilai-nilai pada tabel dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.30 Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Keenam

Dari grafik dapat dilihat garis yang mewakilkan nilai-nilai perpindahan panas pada hari keenam. Titik tertinggi berada pada pukul 16.00 Wib dengan nilai angka 0,0083 (J/s). Perpindahan panas sangat dipengaruhi oleh besarnya tingkat intensitas matahari.

4.2.3.7 Perpindahan panas radiasi hari ketujuh

Pengujian dilakukan mulai pukul 08.00 Wib.

Diketahui

:

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

$$e = 0,97$$

$$T_r = 30,87^\circ\text{C}$$

$$T_u = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{sky}} = 24^\circ\text{C}$$

$$Q = \epsilon \sigma \frac{(T_r^4 - T_{\text{sky}}^4)}{(T_r - T_u)}$$

$$Q = 0,97 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{(30,87^4 - 24^4)}{(30,87 - 30)}$$

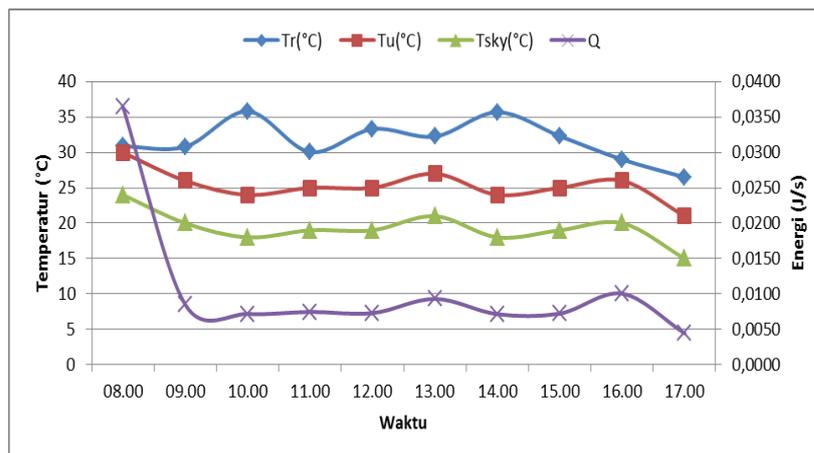
$$Q = 0,0364 \text{ (J / s)}$$

Hasil perhitungan pada pukul 09.00 Wib dan seterusnya dapat dilihat pada tabel 4.21.

Tabel 4.29 Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketujuh

Time	Tr(°C)	Tu(°C)	Tsky(°C)	Q
08.00	30,87	30	24	0,0364
09.00	30,81	26	20	0,0085
10.00	35,81	24	18	0,0072
11.00	30,06	25	19	0,0075
12.00	33,31	25	19	0,0073
13.00	32,25	27	21	0,0093
14.00	35,69	24	18	0,0071
15.00	32,31	25	19	0,0072
16.00	29	26	20	0,0100
17.00	26,5	21	15	0,0044

Terlihat pada tabel hasil perhitungan perpindahan panas hari ketujuh, didapat nilai tertinggi pada pukul 09.00 Wib dengan nilai angka 0,0364 (J/s). Nilai terendah berada pada pukul 11.00 Wib dengan nilai angka 0,0069 (J/s). Grafik garis nilai-nilai pada tabel dapat dilihat dibawah ini.

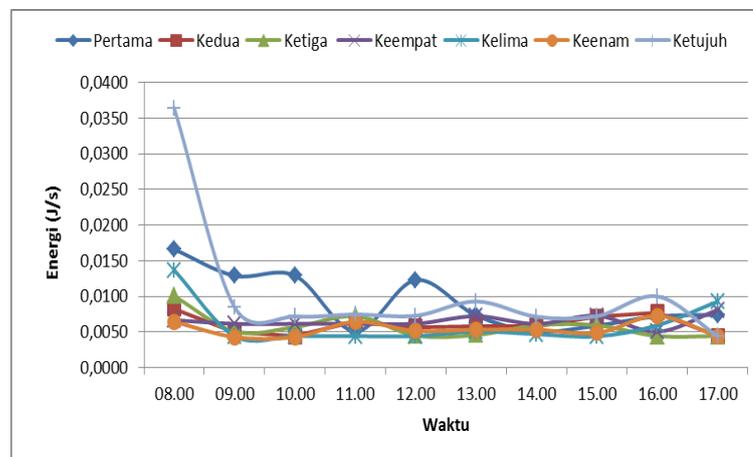


Gambar 4.31 Grafik Perpindahan Panas Radiasi Hari Ketujuh

Dari grafik dapat dilihat bahwa titik tertinggi berada pada pukul 09.00 Wib, setelah itu turun secara drastis dan bergerak secara stabil hingga akhir pengujian. Rata-rata perpindahan panas yang terjadi adalah 0,0084 (J/s).

Total perpindahan panas radiasi selama tujuh hari dapat dilihat pada tabel 2.30 dibawah ini.

Time	Q Radiasi Total						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
08.00	0,0166	0,0083	0,0100	0,0067	0,0137	0,0064	0,0364
09.00	0,0129	0,0050	0,0051	0,0061	0,0044	0,0043	0,0085
10.00	0,0129	0,0044	0,0057	0,0061	0,0044	0,0043	0,0072
11.00	0,0051	0,0065	0,0072	0,0061	0,0044	0,0064	0,0075
12.00	0,0123	0,0057	0,0045	0,0062	0,0044	0,0052	0,0073
13.00	0,0073	0,0058	0,0046	0,0072	0,0051	0,0053	0,0093
14.00	0,0051	0,0058	0,0059	0,0061	0,0047	0,0053	0,0071
15.00	0,0059	0,0071	0,0059	0,0073	0,0044	0,0049	0,0072
16.00	0,0072	0,0077	0,0044	0,0050	0,0059	0,0072	0,01
17.00	0,0074	0,0044	0,0044	0,0081	0,0093	0,0044	0,0044



Gambar 4.32 Grafik Perpindahan Panas Radiasi Total

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan selama penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat perpindahan panas konduksi terendah terjadi pada hari selasa pukul 08.00 Wib, dengan nilai angka 34,09 J/s, salah satu faktor penyebabnya adalah tingkat intensitas cahaya matahari pada pukul tersebut bernilai 0. Sedangkan tingkat tertinggi terjadi pada hari jum'at pada pukul 12.0 Wib besar nilai angka adalah 405,65 J/s, hal ini dapat terjadi karena tingkat intensitas matahari pada saat itu tinggi yaitu 167,8 W/m², dan kecepatan angin pada saat itu bernilai rendah hanya 9,05 Km/h. Pada pukul 11.00 Wib dihari jum'at tingkat intensitas cahaya lebih tinggi dari pukul 12.00 Wib sebesar 439,3 W/m², namun kecepatan angin yang pada saat itu terbilang tinggi sebesar 22,62 Km/h. Dari kasus ini dapat kita simpulkan bahwa kecepatan angin dapat mempengaruhi besarnya perpindahan panas yang terjadi.
2. Pada perpindahan panas konveksi atap bagian timur memiliki nilai rata-rata yang lebih besar dari atap bagian barat, penyebabnya adalah atap bagian timur lebih banyak dan lebih lama terpapar sinar matahari, faktor lain saat matahari mulai bergerak kearah barat tingkat intensitas cahayanya mulai berkurang, hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata intensitasnya hanya sebesar 141,86 W/m². Berbeda jauh dengan tingkat intensitas yang terjadi saat matahari masih berada pada bagian timur dengan nilai rata-rata sebesar 369,78 W/m².
3. Pada perpindahan panas radiasi titik tertinggi terjadi pada hari ketujuh pada pukul 08.00 wib, dengan nilai 0,0364 (J/s). Sedangkan untuk titik terendah berada pada hari keenam dengan nilai 0,0043 (J/s).

5.2 Saran

1. Penelitian dilakukan disaat musim panas sehingga kualitas dari atap komposit benar-benar teruji.
2. Penelitian dilakukan dengan memposisikan atap komposit dengan ketinggian sebenarnya pada bangunan-bangunan pada umumnya.
3. Lebih kompak dan ikut ambil kerja pada setiap anggota penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, S. (2021). PENGGUNAAN KOMPOSIT SEKAM PADI SEBAGAI PENGGANTI DINDING BOX PENDINGIN IKAN.
- Damanik, M. A. (2020). Energy analysis desalination of single slope solar still. *Materials Science and Engineering*.
- Harsono, H. (2002). Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Dasar*.
- Koestoer, R. A. (2002). Perpindahan Kalor untuk Mahasiswa Teknik. *Salemba Teknika*.
- Lapisa, R. A. (2019). Passive Cooling Strategies in Roof Design to Improve the Residential Building Thermal Performance in Tropical Region. *Asian Journal of Civil Engineering*.
- Lapisa, R. E. (2018). Optimized Design of Low-Rise Commercial Buildings under Various Climates – Energy Performance and. *Building and Environment* 132, 83-95.
- Lapisa, R. K. (2018). Pengaruh Inersia Termal Tanah Terhadap Kenyamanan Ruangan. *Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 99-106.
- Lippsmeier, G. (1994). Bangunan Tropis. *Edisi Kedua*.
- M. Yani, F. L. (2018). PEMBUATAN DAN PENYELIDIKAN PERILAKU MEKANIK KOMPOSIT DIPERKUAT SERAT LIMBAH PLASTIK AKIBAT BEBAN LENDUTAN. *Jurnal Ilmiah "MEKANIK" Teknik Mesin ITM Vol. 4 No. 2, 77 - 84*.
- Muhammad Munthaha, G. R. (2020). PENGARUH VARIASI KECEPATAN UDARA TERHADAP LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA PENDINGINAN PANEL SURYA. *Jurnal POROS TEKNIK*, 29-34.
- Nugroho, A. (2009). LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA RADIATOR DENGAN. *Fakultas Teknik Universitas Sultan Fatah (UNISFAT)*, 65-75.
- Nugroho, A. (2009). LAJU PERPINDAHAN PANAS PADA RADIATOR DENGAN FLUIDA CAMPURAN 80% AIR DAN 20% RADIATOR COOLANT PADA PUTARAN KONSTAN. *JURNAL TEKNIK-UNISFAT*, 65-75.
- Prianto, E. (2012). Strategi Disain Fasad Rumah Tinggal Hemat Energi. *Jurnal Pembangunan Kota Semarang RIPTEK*, 55-65.
- Rilatupa, J. (2008). Aspek Kenyamanan Termal pada Pengkondisian Ruang Dalam. *EMAS Jurnal Sain dan Teknologi*.

- Romani, Z. R. (2016). Multicriteria Optimization on the Energy-Saving Refurbishment of Existing Buildings to Achieve Low Energy Consumption by Considering the Climatic Change.
- S. Arbintarso, E. M. (2008). Kotak Penyimpan Dingin Dari Papan Partikel Padi. *Teknologi Jurusan Teknik Mesin*.
- Satwiko, P. (2004). Fisika Bangunan2. *Edisi Pertama*.
- Wibowo, d. (2007). Pembuatan Jerami Permentasi. *Instalasi Penelitian dan Pengkajian teknologi Pertanian Mataram*.

Data Hari Pertama

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R
Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	ΔT East	ΔT West	T r East	T r West	Int	T a	Tsky	
8:00	35,4	35,3	51,2	31,44	32,69	27,1	34,4	8,3	8,2	31,25	31,2	324,3	30	24	
9:00	52,9	48,8	45	31,44	32,69	26,1	32,4	26,8	22,7	39,5	37,45	320	29	23	
10:00	55,7	54,5	44	31,37	32,63	23,5	32,4	32,2	31	39,6	39	543,6	29	23	
11:00	57,3	57	46,2	31,31	33,13	23,1	40,2	34,2	33,9	40,2	40,05	366,3	21	15	
12:00	60,4	62,4	44,2	31,19	32,88	23,2	35,3	37,2	39,2	41,8	42,8	158	29	23	
13:00	53,6	50,8	53,9	30,62	32,25	30,9	33,4	22,7	19,9	42,25	40,85	567,2	25	19	
14:00	55,3	53,2	46,2	30,19	32,31	26	37,2	29,3	27,2	40,65	39,6	228	21	15	
15:00	62	57,1	52,4	30,19	32,25	27,7	45,5	34,3	29,4	44,85	42,4	241,8	23	17	
16:00	61,9	58,6	55,9	31,75	33,69	27,1	41,9	34,8	31,5	44,5	42,85	79,43	23	17	
17:00	69,6	63,4	46,2	33,8	35,31	28,7	39,5	40,9	34,7	49,15	46,05	39	25	19	
Tabel K															
Temp	K	rho		viscos	Cp										
20	0,5978		26	996,79	0,0009	4178									
40	0,628														
60	0,6513		40	992,21	0,0007	4183									

Data Hari Ketiga

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R
Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	ΔT East	ΔT West	T r East	T r West	Int	T a	Tsky	
8:00	56,6	59	29	26,94	37,5	34,2	37	22,4	24,8	45,4	46,6	564,3	26	20	
9:00	57	58,2	32,38	28,37	39	30,6	31,6	26,4	27,6	43,8	44,4	0	21	15	
10:00	65,9	68,9	29,75	28,37	38,9	30,2	34,9	35,7	38,7	48,05	49,55	197,4	23	17	
11:00	82,7	74,1	32,31	28,94	72,3	49,5	42,4	33,2	24,6	66,1	61,8	624,9	25	19	
12:00	67,2	70,3	28,94	33,88	52,2	29,3	41,5	37,9	41	48,25	49,8	321,1	21	15	
13:00	72,4	73	31,75	28,87	66,8	41,2	52,6	31,2	31,8	56,8	57,1	420,2	20	14	
14:00	103	124,9	32,25	31,87	125,9	44,9	64,7	58,1	80	73,95	84,9	260,5	23	17	
15:00	96,4	118,2	32,31	31,81	118,4	53,5	75,1	42,9	64,7	74,95	85,85	95,9	23	17	
16:00	97,6	118,1	26,56	31,75	37,4	33,6	49,8	64	84,5	65,6	75,85	24	21	15	
17:00	97	117,9	26,5	31,44	119,3	39,7	93,8	57,3	78,2	68,35	78,8	16	21	15	
K	rho		viscos	Cp											
	0,5978	26	996,79	0,0009	4178	20									
	0,628					40									
	0,6513	40	992,21	0,0007	4183	60									

Data Hari Keempat

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R
Time	Iw East	Iw West	Tr	Tr In	Tr out	Iw In	Iw out	ΔT East	ΔT West	T r East	T r West	Inl	T a	Tsk	
8:00	36,7	44,7	33,44	28,87	66,8	28,2	34,4	8,5	16,5	32,45	36,45	324,3	24	18	
9:00	36,7	44,9	33,44	31,62	40,6	25,6	32,5	11,1	19,3	31,15	35,25	0	23	17	
10:00	37,6	46,5	32,31	31,69	49,5	27,8	40,9	9,8	18,7	32,7	37,15	99,7	23	17	
11:00	37,5	48,8	31,75	31,62	59,2	29,6	47,4	7,9	19,2	33,55	39,2	84,4	23	17	
12:00	37	47,3	33,25	31,69	72,1	32,5	50,5	4,5	14,8	34,75	39,9	231,6	23	17	
13:00	39,1	54,6	32,31	31,69	52,2	32,4	37	6,7	22,2	35,75	43,5	564,3	25	19	
14:00	43,9	69,3	33,38	32,44	43,6	31,7	37,7	12,2	37,6	37,8	50,5	169,9	23	17	
15:00	40,3	47,9	33,25	32,5	38,8	30	37,3	10,3	17,9	35,15	38,95	69,8	25	19	
16:00	39	48,4	32,19	32,5	46,4	28,3	42,8	10,7	20,1	33,65	38,35	101,3	21	15	
17:00	42	44	32,25	30,62	104,5	29	95,9	13	15	35,5	36,5	35,21	26	20	
Tabel K	K	rho		viscos	Cp										
Temp	20	0,5978	26	996,79	0,0009	4178									
	40	0,628													
	60	0,6513	40	992,21	0,0007	4183									

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R
Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	ΔT East	ΔT West	T r East	T r West	Int	T a	Tsky	
8:00	60	65,2	30,87	29,75	66,3	24,9	519,9	35,1	40,3	42,45	45,05	21,8	30	24	
9:00	55,9	71	30,81	29,75	87,6	26	50,7	29,9	45	40,95	48,5	50	26	20	
10:00	61,5	73,1	35,81	29,05	106,1	26,5	77,3	35	46,6	44	49,8	654,6	24	18	
11:00	55,2	78,3	30,06	32,88	122,9	24	95,1	31,2	54,3	39,6	51,15	439,3	25	19	
12:00	53,3	66,9	33,31	34,63	124,9	28,2	106,6	25,1	38,7	40,75	47,55	167,8	25	19	
13:00	65,3	81,8	32,25	32,81	140,7	27,6	121,4	37,7	54,2	46,45	54,7	180,2	27	21	
14:00	63,7	79,2	35,69	29,75	99	28,6	88,1	35,1	50,6	46,15	53,9	173	24	18	
15:00	68,3	67	32,31	35,69	58	33	44,6	35,3	34	50,65	50	418,5	25	19	
16:00	56,6	59	29	34,44	51,1	34,2	42	22,4	24,8	45,4	46,6	279,8	26	20	
17:00	48,7	50,8	26,5	34,56	46,8	34	41	14,7	16,8	41,35	42,4	20,8	21	15	
Tabel K															
Temp	K	rho		viscos	Cp										
20	0,5978		26	996,79	0,0009	4178									
40	0,628														
60	0,6513		40	992,21	0,0007	4183									

C D E F G H I J K L M N O P Q R

Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr in	Tr out	Tw in	Tw out	ΔT East	ΔT West	T r East	T r West	Int	T a	Tsky
8:00	54.2	52.2	26.44	31.44	51.2	28.2	41.5	26	24	41.2	40.2	321.1	25	19
9:00	40.3	44	26.37	30	113.2	25.6	34.9	14.7	18.4	32.95	34.8	197.4	21	15
10:00	39.1	37.5	26.44	30.34	121.3	27.8	32.5	11.3	9.7	33.45	32.65	10.3	21	15
11:00	44.9	43.9	26.56	31.75	108.9	29.6	40.9	15.3	14.3	37.25	36.75	49.6	21	15
12:00	51.3	50.2	26.5	31.87	111.1	32.5	47.4	18.8	17.7	41.9	41.35	693.1	21	15
13:00	56.9	55	32.38	31.87	130	32.1	53.9	24.8	22.9	44.5	43.55	346.8	21	15
14:00	51.4	50.16	32.31	31.81	123.8	33	58.5	18.4	17.16	42.2	41.58	316	20	14
15:00	47.8	49	32.31	31.81	118.8	29.5	78.9	18.3	19.5	38.65	39.25	454.8	19	13
16:00	36.7	37.3	32.31	31.44	40.2	28.7	53.4	8	8.6	32.7	33	249	23	17
17:00	37.5	48.8	32.25	33.38	46.2	29.6	66.2	7.9	19.2	33.55	39.2	39.1	27	21

Tabel K

Temp	K	rho	viscos	Cp
20	0,5978	26	996,79	4178
40	0,628			
60	0,6513	40	992,21	4183

Data Hari Ketujuh

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	R
Time	Tw East	Tw West	Tr	Tr In	Tr out	Tw In	Tw out	ΔT East	ΔT West	T r East	T r West	Int	T a	Tsky	
8:00	36,7	37,3	30,31	26,94	37,5	28,7	46	8	8,6	32,7	33	33	24	18	
9:00	39	48,4	30,31	28,75	35,1	28,3	54,6	10,7	20,1	33,65	38,35	34,3	20	14	
10:00	37,5	48,8	30,31	28,94	48,2	29,6	53,9	7,9	19,2	33,55	39,2	40,1	20	14	
11:00	54,2	62	30,37	28,87	53,8	23,5	49,8	30,7	38,5	38,85	42,75	287,1	24	18	
12:00	49,7	58,3	30,31	29,06	63,8	23,4	50,7	26,3	34,9	36,55	40,85	519,9	22	16	
13:00	52,2	58,9	31,56	30,69	67,8	23,6	42,8	28,6	35,3	37,9	41,25	290,6	22	16	
14:00	56,4	52,5	31,56	30,5	89,8	24	41,5	32,4	28,5	40,2	38,25	50	22	16	
15:00	48,7	50,8	31,37	30,56	54,4	34	47,4	14,7	16,8	41,35	42,4	34,1	21	15	
16:00	51,4	51,2	31,25	30,62	54,3	38	42,8	13,4	13,2	44,7	44,6	21,8	25	19	
17:00	46,6	51,3	26,5	30,56	58,3	26,1	34,4	20,5	25,2	36,35	38,7	33,6	21	15	
Tabel K															
Temp	K	rho		viscos	Cp										
20	0,5978	26	996,79	0,0009	4178										
40	0,628														
60	0,6513	40	992,21	0,0007	4183										



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<http://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [f umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [i umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [t umsumedan](https://www.twitter.com/umsumedan) [y umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor :1409/II.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 29 Oktober 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : TEDY ADITIA DARMAWAN
Npm : 1807230162
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS SYSTEM ATAP BERONGGA BERBAHAN SERAT SEKAM PADI

Pembimbing : SUDIRMAN LUBIS, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 22 Rabi'ul Awwal 1443 H

29 Oktober 2021 M

Wakil Dekan 3



Khairul Umurani
Khairul Umurani, ST.,MT

NIDN: 0114017102





UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini, agar disebutkan nomor dan tanggalnya.

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
UPT. PERPUSTAKAAN

Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Perpustakaan Nasional Republik Indonesia No. 00059/LAP.PT/IX.2018

Pusat Administrasi : Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 66224567

<http://perpustakaan.umsu.ac.id> perpustakaan@umsu.ac.id [perpustakaan_umsu](https://www.instagram.com/perpustakaan_umsu)

SURAT KETERANGAN

Nomor : 3067/ KET/II.3-AU /UMSU-P/M/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Berdasarkan hasil pemeriksaan data pada Sistem Perpustakaan, maka Kepala Unit Pelaksana Teknis (UPT) Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dengan ini menerangkan :

Nama : Tedy Aditia Darmawan
NPM : 1807230162
Fakultas : Teknik
Jurusan : Teknik Mesin

telah menyelesaikan segala urusan yang berhubungan dengan Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.

Demikian surat keterangan ini diperbuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 18 Safar 1444 H.
14 September 2022 M.

Kepala UPT Perpustakaan



Assoc. Prof. Muhammad Arifin, M.Pd.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS SISTEM ATAP BERONGGA BERBAHAN SERAT SEKAM PADI DAN FIBER GLASS

Nama : Tedy Aditia Darmawan

NPM : 1807230162

Dosen Pembimbing 1 : Sudirman Lubis, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Semin 7 february 2022	Perbaiki Judul	Sh
2.	Semin 21 februari 2022	Perbaiki kata pengantar.	Sh
3.	Kelun 7 maret 2022	Perbaiki gambar.	Sh
4.	Sabtu 26 maret 2022	Tambahkan analisis desain	Sh
5.	Semin 4 april 2022	Perbaiki diagram air pada bab 3.	Sh
6.	Kelun 8 juni 2022	Tambahkan daftar pustaka	Sh
7.	Sabtu 27 juni 2022	Perbaiki Rumus Persamaan pada bab 4 dan grafik	Sh
8.	Sabtu 27 agustus 2022	ACC!!!	Sh.
9.	Seminar hari ini	Perbaiki alur pendan	Sh
10.		ACC sedang	Sh.

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2021 – 2022**

Peserta seminar

Nama : Tedy Aditia Darmawan

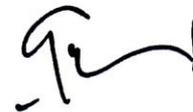
NPM : 1807230162

Judul Tugas Akhir : Analisa Laju Perpindahan Panas Sistem Atap Berongga Berbahan Serat Sekam Padi Dan Fiber Glass

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Sudirman Lubis, ST, MT			.....
Pembanding – I : Munawar Affansury Siregar, ST, MT Affandi			.....
Pembanding – II : Arya Rudi Nst, ST, MT			.....
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1807230111	Fauzi Sidiq W	.....
2	1807230013	Islam Rosyadi	.....
3	1807230023	Fahri Fadillah W S J	.....
4	1807230090	Munawar Machingo	.....
5	1807230155	AGUNG ARWANA	.....
6	1807230138	Bahagi Azulf	.....
7	1807230142	Yusuf Lubis	.....
8	1807230166	Budi Kurnawati	.....
9	1807230162	Tedy Aditia Darmawan	.....
10			

Medan, 15 Shafar 1444 H
12nSeptember 2022 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Tedy Aditia Darmawan
NPM : 1807230162
Judul Tugas Akhir : Analisa Laju Perpindahan Panas Sistem Atap Berongga Berbahan Serat Sekam Padi Dan Fiber Glass

Dosen Pembanding – I : ~~Munawar Alfansury Siregar, ST, MT~~ *Affandi*
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Sudirman Lubis, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
Chat buku Skripsi
dibaca dan diteliti
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan, 15 Shafar 1444 H
12 September 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- I



Chandra A Siregar, ST, MT



Affandi
~~Munawar Alfansury Siregar, ST, MT~~

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Tedy Aditia Darmawan
NPM : 1807230162
Judul Tugas Akhir : Analisa Laju Perpindahan Panas Sistem Atap Berongga Berbahan Serat Sekam Padi Dan Fiber Glass

Dosen Pembanding – I : Munawar Alfansury Siregar, ST, MT
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst, ST, MT
Dosen Pembimbing – I : Sudirman Lubis, ST, MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
 - Perbaiki tulisan dengan format yang baik
 - tambahkan jurnal Dosen Internal (Pakar Postaka)
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....
.....

Medan 15 Shafar 1444 H
12 September 2022 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



Arya Rudi Nst, ST, MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



A. DATA PRIBADI

Nama : Tedy Aditia Darmawan
Tempat/Tanggal Lahir: Dusun V Desa Batu Anam, 14 Febuari 2000
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Alamat : Desa Batu Anam, Kec. Rahuning, Kab. Asahan
No. Hp/WA : 082276939589
E-mail : tedyaditia201@gmail.com

Nama Orang Tua

Ayah : Ponidi
Ibu : Sumarijah
Alamat : Desa Batu Anam, Kec. Rahuning, Kab. Asahan

B. DATA PENDIDIKAN

1. SD SWASTA MUARA TIGA (2006-2012)
2. SMPN 1 AIR BATU (2012-2015)
3. SMAN 1 AIR BATU (2015-2018)

Demikian daftar riwayat hidup ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan dapat dipertanggung jawabkan.