

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS LAJU PERPINDAHAN PANAS SISTEM ATAP BERONGGA BERBAHAN SERAT KAYU DAN FIBERGLASS**

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

**Disusun Oleh:**

**JUANDA**  
**1807230079**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Juanda  
NPM : 1807230079  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisis Laju Perpindahan Panas Sistem Atap Berongga Berbahan Serat Kayu dan *Fiber Glass*  
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 31 Januari 2023

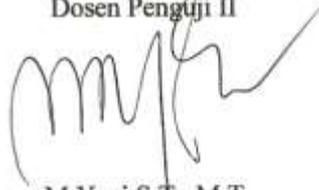
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



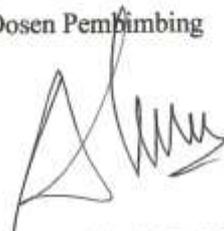
Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji II



M. Yani S.T., M.T

Dosen Pembimbing



Sudirman Lubis, S.T., M.T



Chandra A Siregar, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Juanda  
Tempat /Tanggal Lahir: Medan/26 Juni 1999  
NPM : 1807230079  
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 Kayu 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 orisinal 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, 31 Januari 2023

Saya yang menyatakan,



## **ABSTRAK**

Dalam laporan tugas akhir ini membahas secara rinci tentang analisis laju perpindahan panas sistem atap berongga berbahan serat kayu dan fiberglass. Sebelum dilakukan analisis laju perpindahan panas sistem atap berongga berbahan serat kayu dan fiberglass, terlebih dahulu dilakukan observasi dan pengumpulan informasi tentang apa saja yang perlu disiapkan sebagai dasar tolak ukur analisis. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengevaluasi, menentukan dan menganalisa perpindahan panas sistem atap berongga berbahan serat kayu dan fiberglass. Pembuatan atap berongga berbahan komposit menggunakan metode cetakan tertutup. Hasil dari penelitian perpindahan panas tertinggi dengan nilai 423,29 J/s, dan kecepatan angin juga mempengaruhi berkurangnya besar panas matahari yang terjadi.

Kata Kunci : komposit, fiberglass, serat kayu, perpindahan panas

## ABSTRACT

*This final project report discusses in detail the analysis of the heat transfer rate of hollow roof systems made of wood fiber and fiberglass. Before analyzing the heat transfer rate of hollow roof systems made of wood fiber and fiberglass, observations and information gathering are first carried out on what needs to be prepared as a basis for analytical benchmarks. The purpose of this final project is to evaluate, determine and analyze the heat transfer of hollow roof systems made of wood fiber and fiberglass. Making a hollow roof made of composite using closed molding method. The results of this research are the highest heat transfer with a value of 423.29 J/s, and wind speed also affects the reduction in the amount of solar heat that occurs.*

*Keywords : composite, fiberglass, wood grain, heat transfer.*

## 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 Sistem Atap Berongga Berbahan Serat Kayu Dan *Fiberglass*” 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing dan Penguji III yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak M. Yani, S.T., M.T selaku dosen penguji I dan Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T selaku dosen penguji II sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Herwansyah dan Ruslina, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Muhammad Walid, Paris Syahputra, Muhammad Raja Sanubari Harahap, Ilham Maulana Amin, Ari Prayogi Nasution, yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.

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 dunia Konversi Energi teknik mesin.

Medan, Januari 2023



Juanda

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b>                                | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>                | <b>iii</b>  |
| <b>ABSTRAK</b>  | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b>   | <b>v</b>    |
| <b>KATA PENGANTAR</b>                                   | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b>                                       | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                                     | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                                    | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR NOTASI</b>                                    | <b>xii</b>  |
| <br>  |             |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>                                | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang                                     | 1           |
| 1.2. Rumusan masalah                                    | 2           |
| 1.3. Ruang lingkup                                      | 2           |
| 1.4. Tujuan   | 2           |
| 1.4.1. Tujuan Umum                                      | 2           |
| 1.4.2. Tujuan Khusus                                    | 3           |
| 1.5. Manfaat  | 3           |
| <br>  |             |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>                           | <b>4</b>    |
| 2.1. Perpindahan Panas                                  | 4           |
| 2.1.1. Perpindahan Panas Konduksi                       | 5           |
| 2.1.2. Perpindahan Panas Konveksi                       | 6           |
| 2.1.3. Perpindahan Panas Radiasi                        | 7           |
| 2.1.4. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan          | 9           |
| 2.2. Atap Seng  | 10          |
| 2.2.1. Jenis – jenis Atap                               | 10          |
| 2.3. Komposit   | 13          |
| 2.4. Klasifikasi Bahan Komposit                         | 13          |
| 2.4.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja komposit | 18          |
| 2.4.2. Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit          | 19          |
| 2.5. Serat  | 20          |
| 2.5.1. Macam- macam Serat                               | 20          |
| 2.5.2. Serat Sintetis dan Serat Alam                    | 22          |
| 2.6. Serat Alam   | 23          |
| <br>  |             |
| <b>BAB 3 METODOLOGI</b>                                 | <b>24</b>   |
| 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian                        | 24          |
| 3.1.1. Tempat   | 24          |
| 3.1.2. Waktu  | 24          |
| 3.2. Bahan dan Alat                                     | 25          |
| 3.2.1 Bahan   | 25          |
| 3.2.2 Alat  | 28          |
| 3.3. Bagan Alir Penelitian                              | 30          |
| 3.4. Rancangan Alat Penelitian                          | 31          |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.5. Prosedur Pembuatan                              | 32        |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>                    | <b>33</b> |
| 4.1. Hasil Pengujian                                 | 33        |
| 4.1.1. Data Temperatur Hari Pertama.                 | 33        |
| 4.1.2. Data Temperatur Hari Kedua.                   | 34        |
| 4.1.3. Data Temperatur Hari Ketiga.                  | 35        |
| 4.1.4. Data Hasil Pengujian Temperatur Hari Keempat. | 36        |
| 4.1.5. Data Hasil Pengujian Temperatur Hari Kelima.  | 38        |
| 4.1.6. Data Hasil Pengujian Temperatur Hari Keenam.  | 39        |
| 4.1.7. Data Hasil Pengujian Temperatur Hari Ketujuh. | 40        |
| 4.1.8. Data Intensitas Cahaya Matahari               | 41        |
| 4.2. Pembahasan                                      | 43        |
| 4.2.1. Laju Perpindahan Panas Konduksi.              | 43        |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>                    | <b>46</b> |
| 5.1. Kesimpulan                                      | 46        |
| 5.2. Saran   | 46        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                | <b>48</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                                      |           |
| <b>LEMBAR ASISTENSI</b>                              |           |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>                          |           |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan        | 6  |
| Tabel 2.2 Koefisien Pindah Panas Konveksi            | 7  |
| Tabel 2.3 Radiasi Elektromagnetik                    | 8  |
| Tabel 2.4 Emisivitas Permukaan Bahan Solid           | 9  |
| Tabel 2.5 Kelebihan Dan Kekurangan Material Komposit | 19 |
| Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian             | 24 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi                                  | 5  |
| Gambar 2.2 Pemanasan Tidak Langsung                                    | 9  |
| Gambar 2.3 Suhu Pada Alat Penukar Panas Paralel                        | 10 |
| Gambar 2.4 Atap Datar (Plandak)  | 11 |
| Gambar 2.5 Atap Sandar   | 11 |
| Gambar 2.6 Atap Pelana   | 12 |
| Gambar 2.7 Atap Limasan  | 12 |
| Gambar 2.8 Komposit Serpih   | 14 |
| Gambar 2.9 Komposit Partikel   | 14 |
| Gambar 2.10 <i>Laminat Composite</i>                                   | 15 |
| Gambar 2.11 Komposit Serat   | 15 |
| Gambar 2.12 <i>Continuous Fiber Composite</i>                          | 16 |
| Gambar 2.13 <i>Woven Fiber Composite</i>                               | 16 |
| Gambar 2.14 <i>Discontinuous Fiber Composite</i>                       | 16 |
| Gambar 2.15 <i>Chopped Fiber Composite</i>                             | 17 |
| Gambar 2.16 <i>Hybrid Composite</i>                                    | 17 |
| Gambar 2.17 <i>Sandwich Structure Composite</i>                        | 18 |
| Gambar 2.18 Klasifikasi Jenis Serat Alam                               | 22 |
| Gambar 3.1 atap seng   | 25 |
| Gambar 3.2 Serat Kayu  | 25 |
| Gambar 3.3 <i>fiberglass</i> (serat kaca)                              | 26 |
| Gambar 3.4 katalis   | 26 |
| Gambar 3.5 resin   | 27 |
| Gambar 3.6 Batu Bata   | 27 |
| Gambar 3.7 Pasir   | 27 |
| Gambar 3.8 Kuas  | 28 |
| Gambar 3.9 Gunting   | 28 |
| Gambar 3.10 Gerinda Tangan   | 29 |
| Gambar 3.11 Mesin Las  | 29 |
| Gambar 3.12 Bagan Alir Penelitian                                      | 30 |
| Gambar 3.13 rancangan alat penelitian                                  | 31 |
| Gambar 3.14 mencampurkan resin dan katalis pada <i>fiberglass</i>      | 32 |
| Gambar 3.15 membuat cetakan atap berongga                              | 33 |
| Gambar 3.16 atap berongga bahan serat kayu                             | 33 |
| Gambar 4.1 grafik hasil pengujian hari pertama.                        | 34 |
| Gambar 4.2 grafik hasil pengujian hari kedua.                          | 35 |
| Gambar 4.3 grafik hasil pengujian hari ketiga.                         | 36 |
| Gambar 4.4 grafik hasil pengujian hari keempat.                        | 37 |
| Gambar 4.5 grafik hasil pengujian hari kelima.                         | 38 |
| Gambar 4.6 grafik hasil pengujian hari keenam                          | 40 |
| Gambar 4.7 grafik hasil pengujian hari ketujuh                         | 41 |
| Gambar 4.8 grafik hasil pengukuran intensitas cahaya matahari seminggu | 42 |

## DAFTAR NOTASI

| Simbol        | Keterangan                               | Satuan                           |
|---------------|--|----------------------------------|
| $q$           | Perpindahan Panas                        | <i>Watt</i>                      |
| $A$           | Luas Penampang                           | $m^2$                            |
| $dT$          | Perubahan Suhu                           | $^{\circ}C$                      |
| $dX$          | Ketebalan Bahan                          | $m$                              |
| $k$           | Konduktivitas Thermal                    | $W/m.^{\circ}C$                  |
| $\Delta T$    | Perbedaan Suhu                           | $^{\circ}C$                      |
| $h$           | Konstanta Proporsionalitas               | $W/m^2.^{\circ}C$                |
| $c$           | Kecepatan Cahaya $3 \times 10^{10} cm/s$ |                                  |
| $\lambda$     | Panjang Gelombang                        | $cm$                             |
| $f$           | Frekuensi                                | $cps$                            |
| $\frac{q}{A}$ | Radiasi per satuan luas                  | $W/m^2$                          |
| $\sigma$      | Konstanta Stefan-Boltzmann               | $5,669 \times 10^{-8} W/m^2.K^4$ |
| $T$           | Suhu mutlak benda hitam                  | $^{\circ}K$                      |

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1. Latar Belakang

Atap merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam sebuah bangunan yang berfungsi sebagai bagian penutup suatu bangunan untuk melindungi dari panas matahari dan hujan serta cuaca ekstrim. Jenis atap yang beredar di masyarakat yaitu genteng aspal, atap seng, atap aluminium, atap rumbia, atap sirap, atap beton, atap yang sering digunakan oleh masyarakat adalah atap seng, bahan atap seng terbuat dari bahan logam.

Bahan atap seng adalah bahan yang dapat menghantarkan dan memindahkan panas yang besar. Untuk itu, agar perpindahan panas dari seng berkurang maka akan dibuat uji coba menggunakan material yang berbahan serat kayu. Adapun jenis komposit papan partikel yang dihasilkan menggunakan serbuk kayu jati ( *Tectona Grandis* ), serbuk kayu randu ( *Ceiba Pentandra* ), dengan matrik pengikat partikel menggunakan resin epoxy PVAC (Poly Vinyl Acetate), karena resin epoxy PVAC (Poly Vinyl Acetate) mempunyai sifat kerekatan yang sangat kuat untuk kayu dibandingkan merek resin lainnya, hasil yang diuji adalah kerapatan/density papan partikel porositas, sifat mekanik /bending dan dampak dengan kombinasi campuran antara 70 %, 30%, dan 40%.

Pengujian komposit serbuk kayu yang telah di press dengan mesin Hotpress (mesin dengan sistem penggerak hidrolis dan elemen pengering pada cetakan) menunjukkan bahwa partikel kayu jati menunjukkan nilai densitas konduktivitas thermal dengan angka 5,932 W/m<sup>°K</sup>, sedangkan pada aluminium untuk nilai konduktivitas thermalnya berada pada angka 200 W/m<sup>°K</sup>. Berdasarkan data angka tersebut dapat dinyatakan bahwa komposit serat kayu memiliki potensial untuk dijadikan sebagai bahan isolator panas (Sabana, 2021).

Komposit polimer polipropilena (PP) dengan bahan pengisi (filler) serbuk kayu gergaji (SKG) merupakan bahan komposit alternatif, penyebaran bahan pengisi dalam bahan komposit ini secara random atau acak dengan komposisi SKG 10, 30, 50% fraksi volume (Sudirman dkk, 2019).

Serbuk kayu gergaji merupakan jenis serat alam bentuk partikel, massa jenis serat alam sekitar 1,3-1,4 gr/cm<sup>3</sup>, dengan demikian massa jenis serbuk gergaji pun hampir sama dengan massa jenis serat, variable yang akan digunakan adalah uji kekuatan tarik dan uji kekerasan, tahapan metode penelitian ini adalah (1) studi literature, (2) pembuatan material komposit dengan matriks adalah epoxy dan variasi persentase kandungan matriks dalam komposit adalah 30%, 35%, 40%, 45%, (3) uji sifat mekanis material komposit yang meliputi uji kekuatan Tarik, dan uji gesek nilai kekerasan semakin bertambah seiring dengan meningkatnya persentase resin yang diberikan pada komposit, sedangkan nilai max strength tertinggi dihasilkan oleh komposit dengan bahan dasar serbuk gergaji kayu jati sebanyak 60% dan epoxy sebanyak 40% (Saiful Arif dkk, 2019).

Dengan latar belakang ini, maka penelitian yang dilakukan sebagai tugas sarjana dengan judul: “**Analisis Perpindahan Panas Sistem Atap Berongga Berbahan Serat Kayu**”.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah, dapat di rumuskan masalahnya yaitu :

Bagaimana menganalisa perpindahan panas sistem atap berongga berbahan serat kayu.

## 1.3. Ruang Lingkup

Agar pembahasan tidak terjebak dalam pembahasan yang tidak perlu maka dibuat ruang lingkup yang meliputi :

1. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan atap berongga berupa serat kayu dan *fiberglass*.
2. Pembuatan atap berongga menggunakan metode cetak.
3. Dimensi dan ukuran atap berongga berukuran panjang 80 cm, lebar 80 cm dan ketebalan 7 mm.
4. Energi panas yang digunakan berupa energi panas matahari.

#### 1.4. Tujuan

##### 1.4.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui jenis serat kayu meranti merah yang baik digunakan sebagai campuran komposit untuk membuat atap berongga.

##### 1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk mengevaluasi proses perpindahan panas pada atap berbahan serat kayu dan *fiberglass*.
2. Untuk menentukan bahan yang baik dalam perpindahan panas atap berongga berbahan serat kayu dan *fiberglass*.
3. Untuk menganalisa hasil pengujian perpindahan panas sistem atap berongga berbahan serat kayu dan *fiberglass*.

#### 1.5. Manfaat

1. Dapat mengetahui pengaruh cara kerja proses pembuatan atap berongga berbahan komposit serat kayu dan *fiberglass*.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi bagi mahasiswa untuk penelitian selanjutnya.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah fenomena perpindahan energi. Meningkatkan energi panas suatu produk membuat molekul molekul di dalam produk bergerak lebih cepat. Itu menunjukkan bahwa energi kinetik dari molekul meningkat saat sejumlah panas diserap. Panas juga dipindahkan saat molekul dengan kecepatan yang lebih tinggi bersinggungan/bertabrakan dengan molekul yang lebih lambat menyebabkan molekul tersebut kehilangan sebagian energi kinetiknya dan sebaliknya molekul yang lain memperoleh tambahan energi kinetik. Dari ilustrasi ini, dapat dilihat dengan jelas bahwa proses pindah panas juga melibatkan mekanisme dalam skala molekular.

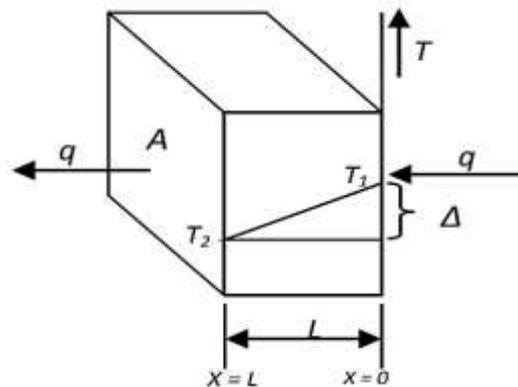
Salah satu wujud kandungan energi panas dalam sekelompok molekul adalah temperature yaitu ukuran relatif panas atau dingin suatu bahan. Berbagai skala dikembangkan untuk menunjukkan ukuran suhu suatu bahan, namun dua skala yang paling umum digunakan adalah Celcius dan Fahrenheit. Namun, apabila energi laju suatu atom/molekul dibandingkan terhadap energi kinetik nol (yaitu tidak adanya gerakan suatu partikel, sehingga sebagai konsekuensinya bahan memiliki suhu nol mutlak) suhu bahan dinyatakan dalam skala Kelvin atau Rankine.

Jumlah energi juga dinyatakan dalam berbagai satuan. Pada sistem internasional (SI), Joule adalah satuan dari energi panas, namun dalam fps (feet pound second) BTU (*British Thermal Unit* adalah satuan energi panas. Satu *joule* (J) adalah sama dengan 0,239 cal, dan 1 cal jumlah energi yang diperlukan untuk meningkatkan suhu 1 gram air dengan suhu 1°C (dari suhu 14,5 ke 15,45 °C). Satu BTU adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk meningkatkan 1 lb air 1°F (biasanya 61 ke 62°F). Kapasitas panas ( $C_p$ , p menunjukkan tekanan konstan) adalah suatu istilah untuk mendefinisikan jumlah energi yang diperlukan untuk mengubah suhu sejumlah bahan 1°C. Pada sistem SI satuan kapasitas panas dinyatakan dalam kJ/kg K. Namun lebih umum menggunakan cal dalam menyatakan satuan kapasitas panas. Sehingga kapasitas panas adalah kalor yang diperlukan untuk menaikkan 1 gram bahan 1°C dan dalam sistem fps, 1 BTU adalah energi yang diperlukan untuk menaikkan 1 lb bahan 1°F.

Ada tiga mekanisme dasar perpindahan panas: konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas Konduksi terjadi ketika energi termal dipindahkan dari satu molekul (atau atom) ke molekul yang berdekatan (atau atom) tanpa terjadi perubahan posisi relatif dari molekul.

### 2.1.1. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan kalor atau panas karena getaran dan tabrakan molekul dan elektron bebas. Molekul pada titik yang memiliki suhu tinggi bergetar lebih cepat dibandingkan dengan molekul pada titik suhu yang lebih rendah. Molekul-molekul dengan gerakan yang lebih tinggi bertabrakan dengan molekul yang memiliki energi rendah atau molekul yang berada pada temperatur yang lebih rendah. Proses perpindahan panas konduksi terjadi tanpa diikuti oleh perpindahan molekul benda tersebut. Perpindahan panas konduksi dapat digambarkan seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perpindahan Panas Konduksi

Persamaan yang digunakan pada perpindahan panas konduksi disebut dengan Hukum Fourier, sehingga :  $dT$

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

Oleh karena itu konduktor listrik yang baik juga konduktor termal yang baik. Demikian pula, bahan-bahan yang merupakan isolator listrik yang baik,

seperti udara dan kaca, juga isolator termal yang baik. Nilai konduktivitas termal dari berbagai bahan yang tersedia ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konduktivitas Termal Berbagai Bahan (Rahman, 1995)

| <i>Material</i>             | <i>Temperature</i><br>(°C) | <i>Thermal Conductivity</i><br>(W/m.K) |
|-----------------------------|----------------------------|--|
| <i>Ice</i>                  | 0                          | 2,22                                   |
| <i>Water</i>                | 0                          | 0,544                                  |
| <i>Water</i>                | 93                         | 0,677                                  |
| <i>Air</i>                  | 20                         | 0,0256                                 |
| <i>Peanut Oil</i>           | 4                          | 0,168                                  |
| <i>Meats (Average)</i>      | 0                          | 0,502                                  |
| <i>Fruits (Average)</i>     | 0 - 27                     | 0,38 - 0,50                            |
| <i>Vegetables (Average)</i> | 0 - 27                     | 0,38 - 0,50                            |
| <i>Stainless Steel</i>      |                            | 16,3                                   |
| <i>Copper</i>               |                            | 396                                    |
| <i>Pyrex Glass</i>          |                            | 0,087                                  |

### 2.1.2. Perpindahan Panas Konveksi

Seperti yang ditunjukkan sebelumnya, perpindahan panas konvektif terjadi sebagai akibat dari gerakan molekul dalam fluida. Jelas, perpindahan panas dengan konduksi terjadi secara bersamaan, tetapi umumnya diabaikan dibandingkan dengan pindah panas konvektif. Ada dua jenis perpindahan panas konvektif: konveksi alami dan konveksi paksa. Pada konveksi alami gerakan sebagian besar cairan terjadi sebagai akibat dari gradien kerapatan yang terjadi selama pemanasan atau pendinginan cairan.

Laju perpindahan panas konvektif diatur oleh hukum Newton tentang pendinginan. Hukum ini menyatakan bahwa laju perpindahan panas dengan konveksi secara langsung proporsional dengan luas area perpindahan panas dan perbedaan suhu antara cairan panas dan dingin. Hubungan kuantitatifnya adalah: Menghitung laju perpindahan panas konveksi digunakan rumus :

$$q_{Konveksi} = h \times A \times \Delta T \quad (2.2)$$

Koefisien perpindahan panas konveksi  $h$  bergantung pada beberapa variable, sehingga sulit untuk menentukannya. Jika satu fluida dipaksa mengalir diatas permukaan benda padat, maka lapisan fluida kotak dengan permukaan

lengket pada permukaan itu. Artinya selapis sangat tipis dari fluida dianggap memiliki kecepatan nol pada permukaan padat. Fenomena ini disebut sebagai kondisi tanpa slip.

Bilangan Prandtl :

$$Pr = \frac{c_p \mu}{k} \quad (2.3)$$

Mencari bilangan *Reynold* untuk mencari nilai koefisien kalor (h).

$$Re = \frac{\rho V L}{\mu} \quad (2.4)$$

Angka nusselt :

$$Nu = \frac{hL}{k} = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (2.5)$$

Metode untuk menghitung koefisien perpindahan panas harus mempertimbangkan sifat fluida dan kondisi aliran yang mempengaruhi perpindahan panas. Karena ada begitu banyak faktor yang mempengaruhi h, cara yang paling berguna untuk mengembangkan suatu persamaan adalah dengan melibatkan analisis dimensional. Metode ini menunjukkan hubungan antara variabel dalam bentuk kelompok tak-berdimensi. Data aktual kemudian digunakan untuk menetapkan konstanta dan eksponen dalam fungsi pangkat yang berkaitan dengan kelompok tak berdimensi ini seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Koefisien Pindah Panas Konveksi

| Condition                                 | h (W/m <sup>2</sup> .K) |
|---|-------------------------|
| <i>Gases, natural convection</i>          | 3 – 30                  |
| <i>Gases, forced convection</i>           | 10 – 100                |
| <i>Viscous liquids, forced convection</i> | 60 – 600                |
| <i>Water, forced convection</i>           | 600 – 6000              |
| <i>Boiling water</i>                      | 1700 – 23000            |
| <i>Condensing steam</i>                   | 6000 – 18000            |

### 2.1.3. Perpindahan Panas Radiasi

Sebagaimana tercantum dalam Sec. II. Energi, dapat dipindah dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari satu benda dan diserap oleh yang lain. Radiasi elektromagnetik berjalan dengan kecepatan cahaya dan ditandai oleh panjang gelombang dan frekuensi. Hubungan antara panjang gelombang dan frekuensi dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$c = \lambda f \quad (2.6)$$

Semua benda memancarkan radiasi elektromagnetik, jumlah dan panjang gelombangnya tergantung pada kondisi fisik dan suhu benda. Untuk tujuan perbandingan perlu untuk mendefinisikan benda yang memancarkan jumlah energi maksimum yang mungkin pada suhu tertentu. Benda teoritis ini disebut benda hitam (*black body*). Energi yang dipancarkan oleh suatu benda hitam diberikan oleh Stefan- Boltzmann hukum, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{Q}{A} = \sigma T^4 \quad (2.7)$$

Besar rentang panjang gelombang dan frekuensi untuk berbagai jenis radiasi elektromagnetik ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Radiasi Elektromagnetik

| Type Of Radiation            | Major Effect On Matter                     | Wave length ( $\lambda$ .m) <sup>a</sup>       | Frequency (cps)                                 |
|------------------------------|--|--|---|
| <i>Cosmic rays</i>           | <i>Transmitted</i>                         | $1 \times 10^6$                                | $3 \times 10^{20}$                              |
| <i>Y rays</i>                | <i>Absorbed, reflected, or transmitted</i> | $1 \times 10^6 \text{ -- } 140 \times 10^6$    | $3 \times 10^{20} \text{ -- } 2 \times 10^{18}$ |
| <i>X rays</i>                | <i>Strongly absorbed</i>                   | $6 \times 10^6 \text{ -- } 100000 \times 10^6$ | $5 \times 10^{19} \text{ -- } 1 \times 10^{15}$ |
| <i>Ultraviolet rays</i>      | <i>Absorbed, reflected, or transmitted</i> | 0,014 -- 0,4                                   | $2 \times 10^{16} \text{ -- } 8 \times 10^{14}$ |
| <i>Visible or light rays</i> | <i>Absorbed, reflected, or transmitted</i> | 0,4 -- 0,8                                     | $8 \times 10^{14} \text{ -- } 4 \times 10^{14}$ |
| <i>Infrared or heat rays</i> | <i>Strongly absorbed</i>                   | 0,8 -- 400                                     | $4 \times 10^{14} \text{ -- } 8 \times 10^{14}$ |
| <i>Radio</i>                 | <i>Absorbed, reflected, or transmitted</i> | $10 \times 10^6 \text{ -- } 30000 \times 10^6$ | $3 \times 10^8 \text{ -- } 1 \times 10^4$       |

Emisivitas adalah rasio energi yang dipancarkan oleh suatu benda yang nyata dengan yang dipancarkan oleh benda hitam pada suhu yang sama, dan bernilai kurang dari 1,0. Nilai emisivitas bahan perwakilan diberikan dalam Tabel 2.3.

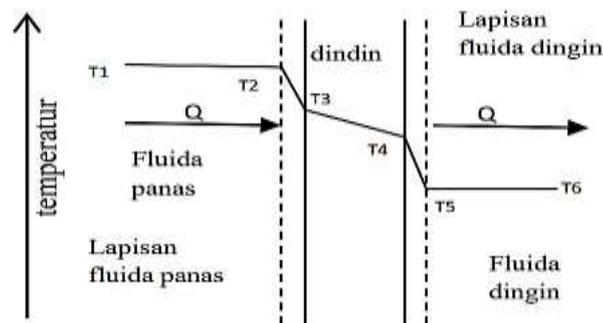
Tabel 2.4 Emisivitas Permukaan Bahan Solid

| Surface           | Emissivity  |
|-------------------|-------------|
| Polished iron     | 0,14 – 0,38 |
| Rough steel plate | 0,94 – 0,97 |
| Asbestos board    | 0,96        |
| Water             | 0,95 – 0,96 |
| Foods             | 0,50 – 0,97 |

#### 2.1.4. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan

Dalam fase tunak, laju perpindahan panas di setiap batas fisik adalah konstan. Terdapat koefisien pindah panas yang menentukan transfer panas dari fluida panas ke dinding, terdapat juga konduktivitas termal yang menentukan tranfer panas melalui dinding dan akhirnya terdapat koefesien pindah panas untuk mentransfer panas dari dinding ke fluida dingin. Hambatan terhadap perpindahan panas di masingmasing bagian (fluida panas-dinding, dalam dinding, dindingfluida dingin) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$q = \frac{T_{Hot\ fluid} - T_{Cold\ fluid}}{\frac{L}{k.A} + \frac{1}{h_{Hot\ fluid}.A} + \frac{1}{h_{Cold\ fluid}.A}} \quad (2.8)$$



□T

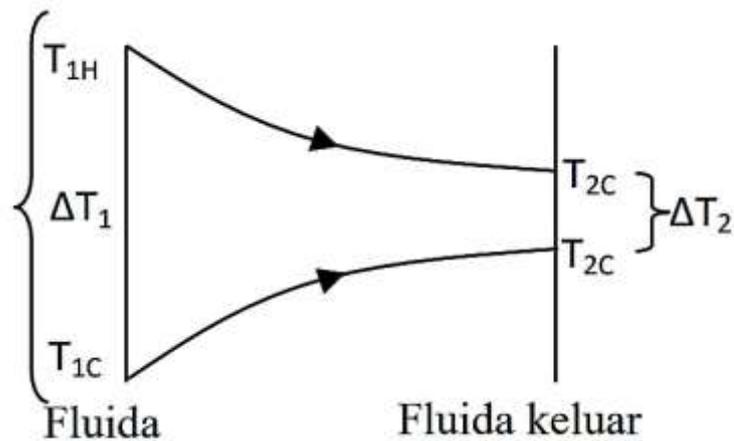
Gambar 2.2 Pemanasan tidak langsung

Hal ini dapat ditunjukkan bahwa hambatan keseluruhan untuk pindah panas adalah jumlah dari hambatan tiap bahan dengan persamaan sebagai berikut

:

$$E_{Tot} = \frac{1}{L} \int_0^L U dx = \frac{1}{L} \int_0^L (h_c A_c + h_w A_w + h_h A_h) dx \quad (2.9)$$

$h_c A_c$  Hot fluid  $h_w A_w$  Wall  $h_h A_h$  Cold fluid penukar panas aliran searah, itu berlaku sama untuk arus aliran yang berlawanan (*counter current flow*). Dalam keadaan ini  $\Delta T$  lebih seragam di seluruh penukar panas dan laju perpindahan panas lebih besar dari pada proses dengan aliran searah. Oleh karena itu, penukar panas paling banyak dioperasikan dengan aliran berlawanan seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Suhu pada alat penukar panas paralel

## 2.2. Atap Seng

Atap Seng merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam sebuah bangunan yang berfungsi sebagai bagian penutup suatu bangunan untuk melindungi<sup>10</sup> dari panas matahari dan hujan serta cuaca ekstrim. Jenis atap yang beredar di masyarakat yaitu genteng aspal, atap seng, atap aluminium, atap rumbia, atap sirap, atap beton, atap yang sering digunakan oleh masyarakat adalah atap seng, bahan atap seng terbuat dari bahan logam.

Bahan atap seng adalah bahan yang dapat menghantarkan dan memindahkan panas yang besar. Atap Seng terbuat dari bahan lembaran baja tipis yang diberi lapisan seng (Zn), dengan bertujuan untuk membuatnya menjadi tahan karat, mempunyai daya tahan yang lama dan kuat terhadap benturan.

### 2.2.1. Jenis – jenis Atap

#### 1. Atap Datar (Plandak)

Meskipun bentuk atap ini dikatakan atap datar, akan tetapi pada permukaan atap selalu dibuat sedikit miring untuk menyalurkan air hujan ke

lubang talang. Bahan yang sesuai untuk atap ini biasanya digunakan campuran beton bertulang. Agar dibawah atap ini tidak terlalu panas atau dingin maka perlu dibuat ruang isolasi diatas langit-langit (plafon). Atap datar digunakan untuk rumah mewah seperti rumah bertingkat seperti yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Atap Datar (Plandak)

## 2. Atap Sandar

Atap sandar biasanya disebut juga atap sengkuaup atau atap temple. Pada umumnya atap ini terdiri dari sebuah bidang atap miring yang bagian tepi atasnya bersandar atau menempel pada tembok bangunan induk (tembok yang menjulang tinggi). Pada bentuk atap sandar menggunakan konstruksi setengah kuda – kuda untuk mendukung balok gording. Kemiringan atapnya dapat diambil 30 derajat atau 40 derajat bila memakai bahan penutup dari genteng. Untuk bahan penutup dari semen asbes gelombang dan seng gelombang kemiringan atapnya dapat diambil 20 derajat atau 25 derajat, yang pada pemasangannya tidak memerlukan reng seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Atap Sandar

### 3. Atap Pelana

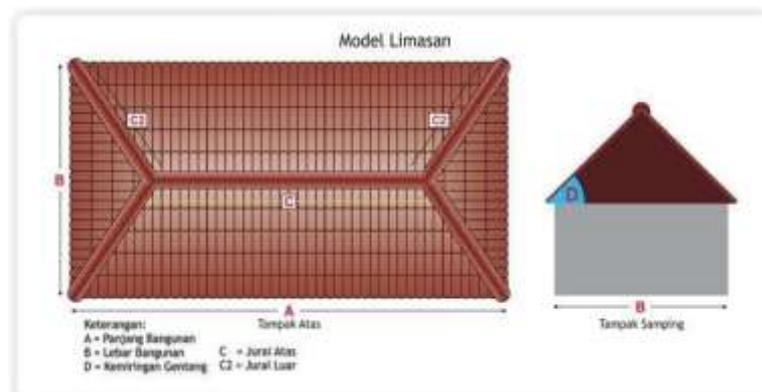
Atap pelana sebagai penutup ruangan terdiri dari dua bidang atap miring yang tepi atasnya bertemu pada satu garis lurus, dinamakan bubungan. Tepi bawah bidang atap, dimana air itu meninggalkan atap dinamakan tepi teritis. Pada tepi teritis ini dapat dipasang talang air. Bahan penutupnya banyak yang menggunakan genteng biasa ( genteng kampung ) maupun seng gelombang. Bentuk atap pelana digunakan untuk rumah – rumah sederhana seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Atap Pelana

### 4. Atap Limasan

Atap limasan mempunyai nilai lebih sebagai berikut. Penaungan dan perlindungan dari matahari dan hujan merata di tiap sisi bangunan. Terkesan megah apabila dengan bentukan yang tinggi seperti asap jogjo. Selain nilai lebih, juga mempunyai kekurangan sebagai berikut konstruksi rumit dan mahal dengan penggunaan kuda-kuda yang banyak seperti yang terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Atap Limasan

### 2.3. Komposit

Komposit berasal dari kata kerja (*to compose*) yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit adalah penggabungan dari dua material atau lebih yang memiliki fasa yang berbeda menjadi satu material baru. Fasa yang pertama disebut sebagai matriks yang berfungsi sebagai pengikat dan fasa yang kedua disebut *reinforcement* yang berfungsi sebagai bahan penguat komposit. Komposit merupakan rangkaian dua atau lebih bahan yang digabung menjadi satu bahan secara mikroskopis dimana bahan pembentuknya masih terlihat seperti aslinya dan memiliki hubungan kerja diantaranya sehingga mampu menampilkan sifat-sifat yang diinginkan (Mikell, 1996).

Material komposit terdiri dari dua bagian utama diantaranya, matriks dan Penguat (*reinforcement*). Material komposit ini menghasilkan sebuah material baru dengan sifat-sifat ataupun karakteristiknya yang masih didominasi oleh sifat-sifat material pembentuknya (Roozenburg. Seh et al., 1991). Penggabungan kedua fasa tersebut menghasilkan material yang dapat mendistribusikan beban yang diterima disepanjang penguat, sehingga material menjadi lebih tahan terhadap pengaruh beban tersebut. Penguat umumnya berbentuk serat, rajutan, serpihan, dan partikel yang dicampurkan kedalam fasa matriks, penguat merupakan fasa diskontinyu yang selalu lebih kuat dan kaku daripada matriks dan merupakan kemampuan utama material komposit dalam menahan beban (Ali dan Safrijal, 2017).

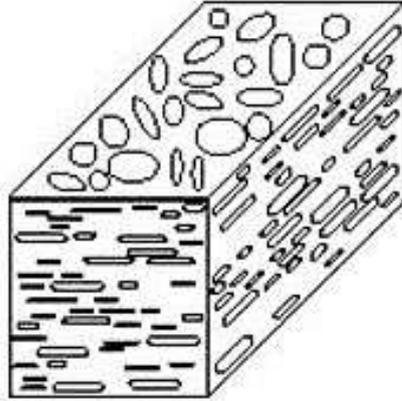
Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (*taitorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus Young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat *isolator* panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Azwar, 2017).

### 2.4. Klasifikasi Bahan Komposit

Komposit dibedakan menjadi 4 kelompok menurut bentuk struktur dari penyusunnya (Schwartz, 1984), yaitu:

1. Komposit Serpih (*Flake Composite*)

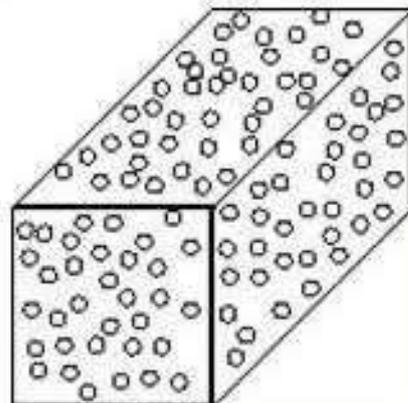
Komposit serpih adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. Serpih dapat berupa serpihan mika, *glass* dan *metal* seperti yang terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Komposit serpih (Schwartz, 1984)

## 2. Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

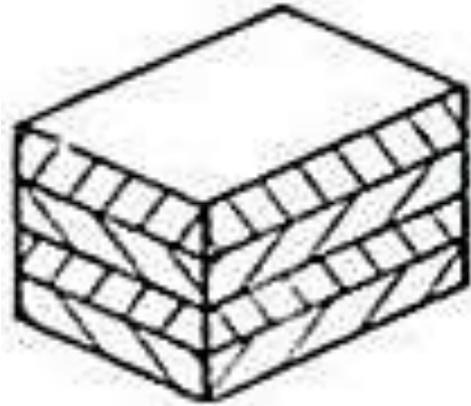
Komposit partikel adalah salah satu jenis komposit dimana dalam matriksnya ditambahkan material lain berupa serbuk/butir. Dalam komposit partikel material penambah terdistribusi secara acak atau kurang terkontrol dari pada komposit serpih, sebagai contoh adalah beton seperti yang terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Komposit partikel (Schwartz, 1984)

## 3. Komposit Laminat (*Laminat Composite*)

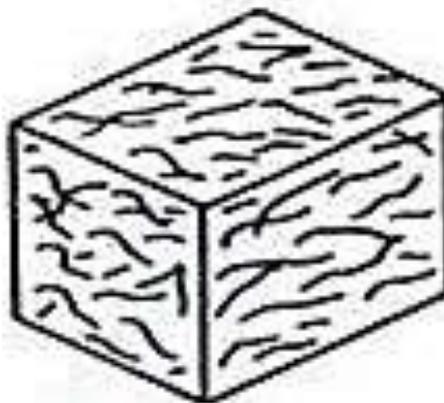
*Laminat compoiste* adalah komposit dengan susunan dua atau lebih *layer*, dimana masing-masing *layer* dapat berbeda-beda dalam hal material, dan orientasi penguatnya seperti yang terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Laminat composite* (Schwartz, 1984)

#### 4. Komposit Serat (*Fiber Composite*)

Merupakan komposit yang hanya terdiri dari satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Serat yang digunakan dapat berupa serat sintetis dan serat alam. Serat disusun secara acak maupun orientasi tertentu bahkan dapat juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman seperti yang terlihat pada gambar 2.11.

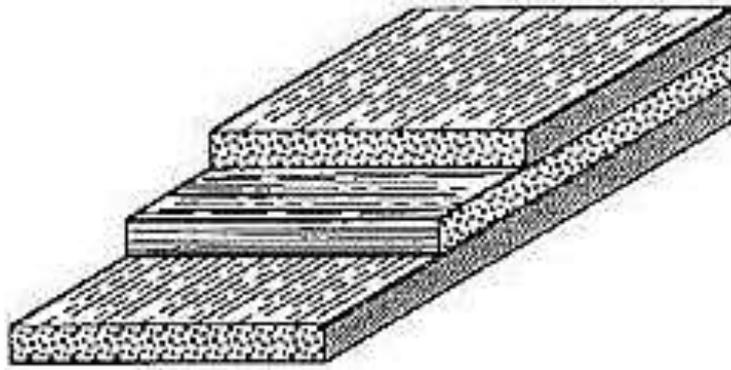


Gambar 2.11 Komposit serat (Schwartz, 1984)

Komposit berdasarkan penempatannya, menurut (Gibson, 1994) terdapat 4 jenis tipe serat pada komposit, yaitu :

##### 1. *Continuous Fiber Composite*

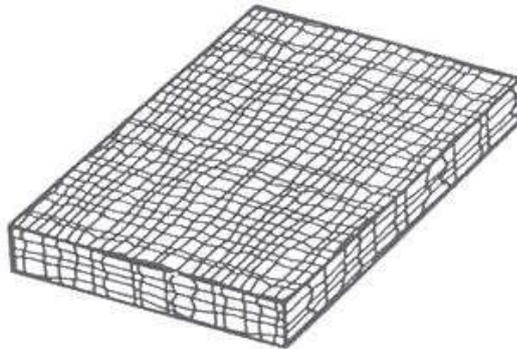
Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan seperti yang terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 *Continuous fiber composite* (Gibson, 1994)

## 2. *Woven Fiber Composite (bi-directional)*

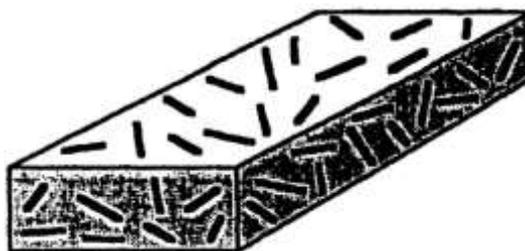
Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjang yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah seperti yang terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 *Woven fiber composite* (Gibson, 1994)

## 3. *Discontinuous Fiber Composite*

*Discontinuous fiber composite* adalah tipe komposit dengan serat pendek seperti yang terlihat pada gambar 2.14.

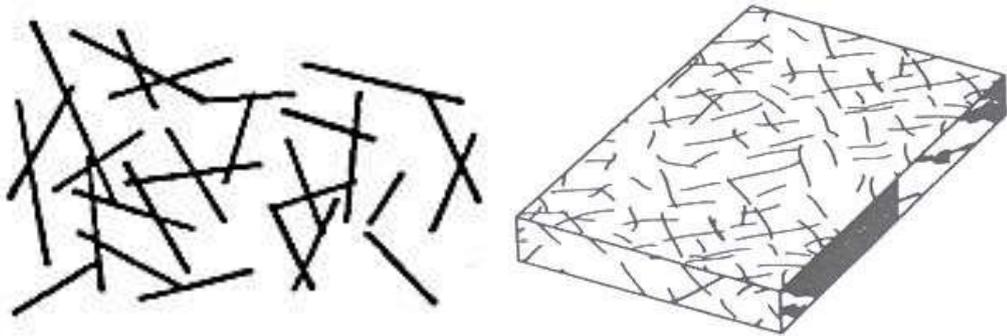


Gambar 2.14 *Discontinuous fiber composite* (Gibson, 1994)  
*Discontinous fiber composite* merupakan tipe komposit dengan serat pendek.

*Discontinuous fiber composite* dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

a. *Chopped fiber composite*

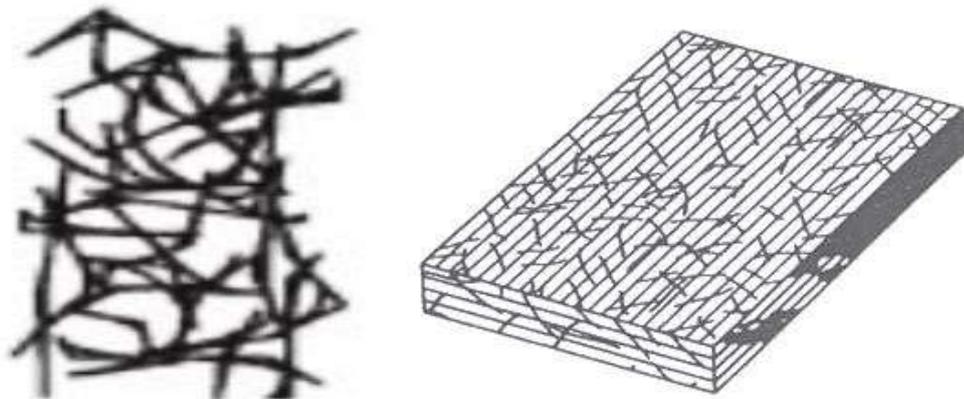
*Chopped fiber composite* memiliki serat pendek secara acak tersebar dalam matrik. Komposit serat cincang (*chopped*) digunakan secara ekstensif dalam aplikasi *volume* tinggi karena biaya produksi yang rendah, tetapi sifat mekanik jauh lebih rendah dari pada *continous fiber composite* seperti yang terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Chopped fiber composite* (Gibson, 1994)

b. *Hybrid composite*

*Hybrid composite* dapat terdiri dari campuran cincang serat dan serat berkesinambungan atau jenis serat campuran seperti kaca atau grafit seperti yang terlihat pada gambar 2.16.

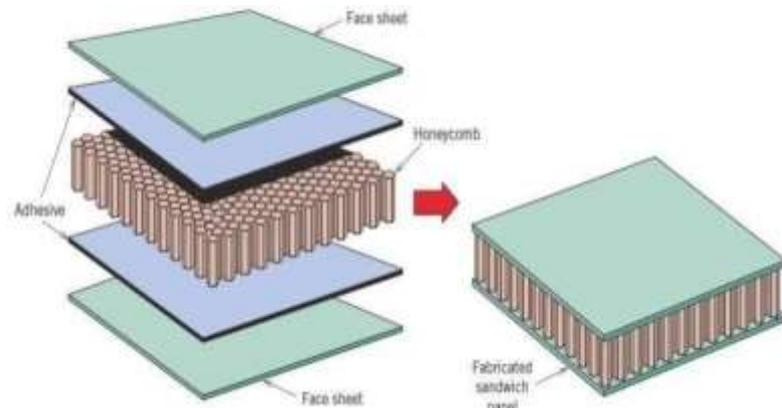


Gambar 2.16 *Hybrid composite* (Gibson, 1994)

4. *Sandwich structure composite*

*Sandwich structure composite* konfigurasi komposit lain yang umum adalah *sandwich structure* terdiri dari kekuatan tinggi, lembaran komposit terikat pada busa ringan atau inti. *Sandwich structure* memiliki kelenturan yang sangat tinggi,

rasio kekakuan yang juga tinggi dan secara luas digunakan dalam struktur *aerospace* seperti yang terlihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 *Sandwich structure composite* (Gibson, 1994)

#### 2.4.1. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja komposit

Faktor yang memengaruhi kinerja komposit berdasarkan faktor penguat penyusun maupun matriknya, antara lain:

1. Faktor serat

Serat adalah suatu bahan pengisi matrik yang digunakan dalam memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya. Serat juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

2. Letak serat

Penentu kekuatan mekanik komposit terletak pada letak dan arah serat dalam matrik yang akan memengaruhi kinerja suatu komposit.

3. Panjang serat

Serat pada pembuatan komposit serat matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit tersebut. Penggunaan serat dalam campuran komposit, terdiri dari dua jenis yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat yang panjang lebih kuat dibanding serat yang pendek. Serat alam jika dibanding serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu, panjang dan diameter serat sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah *aspect ratio*. Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat

pendek lebih mudah peletakannya dibanding serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat.

#### 4. Faktor matriks

Fungsi matrik dalam komposit adalah pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

#### 5. Katalis

Katalis digunakan untuk membantu proses pengeringan (*curing*) pada bahan matrik suatu komposit. Penggunaan katalis yang berlebihan akan semakin mempercepat proses laju pengeringan tetapi akan menyebabkan bahan komposit yang dihasilkan semakin getas.

### 2.4.2. Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit

Komponen material komposit mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan berbeda dibandingkan dengan komponen material logam, kekurangan dan kelebihan komponen dapat di lihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.5 Kelebihan dan kekurangan material komposit (Robert L. Mott.,2004)

| No. | KELEBIHAN   | KEKURANGAN  |
|-----|---|---|
| 1   | Berat Berkurang   | Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi  |
| 2   | Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi   | Sifat-sifat bidang melintang  |
| 3   | Sifat-sifat yang mampu beradaptasi, kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban. | Kekerasan rendah  |
| 4   | Lebih tahan korosi  | Matrik dapat menimbulkan degradasi lingkungan   |
| 5   | Kehilangan sebagian sifat dasar   | Sulit dalam mengikat material   |
| 6   | Ongkos manufaktur rendah  | Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapai <i>consensus</i> . |

## 2.5. Serat

Serat berfungsi sebagai penguat dalam komposit. Serat dicirikan oleh modulus dan kekuatannya sangat tinggi, elongasi (daya rentang) yang baik, stabilitas panas yang baik, spinabilitas (kemampuan untuk diubah menjadi filament-filamen) dan sejumlah sifat-sifat lain yang bergantung pada pemakaian dalam tekstil, kawat, tali, kabel dan lain-lain (Steven Malcolm P, 2001).

Secara umum dapat dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh dan lebih kokoh dibandingkan dengan tanpa serat penguat, selain itu serat juga menghemat penggunaan resin. Kaku adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan perubahan bentuk jika dibebani dengan gaya tertentu dalam daerah elastis (pada pengujian *tensile*), tangguh adalah bila pemberian gaya atau beban yang menyebabkan bahan-bahan tersebut menjadi patah (pada pengujian *3 point bending*) dan kokoh adalah kondisi yang diperoleh akibat benturan atau pukulan serta proses kerja yang mengubah struktur komposit menjadi keras (pada pengujian *impact*). Beberapa syarat untuk dapat memperkuat matrik antara lain (Bukit N, 1988) :

- a. Mempunyai modulus elastisitas yang tinggi.
- b. Mempunyai kekuatan lentur yang tinggi.
- c. Perbedaan kekuatan diameter serat harus relatif sama.
- d. Mampu menerima perubahan gaya dari matrik dan mampu menerima gaya yang bekerja padanya.

### 2.5.1. Macam- macam Serat

Serat atau fiber merupakan filamen dari bahan *reinforcing*. Penampangnya dapat berbentuk bulat, segitiga, atau hexagonal. Diameter dariserat bervariasi tergantung dari bahannya. Jenis fiber ada yang alami (hewan, tumbuhan dan mineral) dan ada yang sintesis (buatan manusia dari bahan polimer atau keramik)

dan logam. Berikut ini adalah bahan serat yang sering digunakan (Tamaela, 2016) :

#### 1. Serat gelas

Bahan penguat yang paling sering digunakan adalah serat *glass*. Serat *glass* memiliki kekuatan tarik yang tinggi., kekuatan terhadap *bending*, modulus elastisitas tinggi, sifat *isolator* yang baik dan mempunyai sifat anti korosi.

#### 2. Karbon

Karbon dapat dibuat menjadi serat dengan modulus elastisitas yang tinggi. Sifat-sifat dari serat karbon antara lain : kekakuan dan kekuatan yang tinggi, ringan, kerapatan dan koefisien dilatasi rendah. Serat ini banyak digunakan di bidang konstruksi dan pesawat terbang

#### 3. Kevlar 49

Kevlar 49 digunakan sebagai bahan serat untuk polimer. Kevlar 49 ini memiliki beberapa sifat, antara lain : ringan, kekakuan tinggi, kerapatannya rendah, dan memberikan kekuatan spesifik terbesar untuk semua fiber yang ada. Kevlar 49 digunakan pada industri *aerospace*, *marine*, dan otomotif.

#### 4. Boron

Serat boron terbuat dari silika berlapis grafit atau filamen karbon. Serat ini mempunyai modulus elastisitas yang sangat tinggi, harga yang mahal, dan membutuhkan peralatan untuk menempatkan serat dalam matrik dengan ketepatan (presisi) yang tinggi. Penggunaannya dibatasi pada komponen peralatan industri pesawat terbang (*aerospace*).

#### 5. Keramik

Serat keramik dapat terbuat dari bahan yang berdasar *oxide*, *carbide*, dan *nitride*. Serat ini diproduksi dalam bentuk kontinyu atau tidak kontinyu. Perkembangan dari serat ini dimulai karena kebutuhan akan bahan komposit yang dapat digunakan pada suhu tinggi terutama untuk kebutuhan industri pesawat luar angkasa. Karbida silikon (SiC) dan oksida aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) merupakan serat utama yang sering dijumpai pada keramik. Kedua bahan ini mempunyai modulus elastisitas yang tinggi dan dapat digunakan untuk

menguatkan logam-logam dengan kerapatan dan modulus elastisitas yang rendah seperti aluminium dan magnesium.

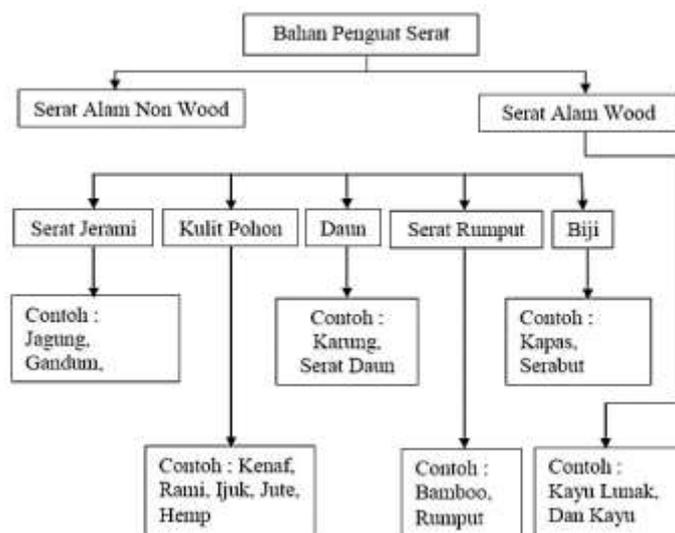
## 6. Logam

Filamen baja (kontinyu atau tidak kontinyu) sering digunakan sebagai fiber dalam plastik.

### 2.5.2. Serat Sintetis dan Serat Alam

Serat sintetis dan serat alam banyak klasifikasinya. Serat alam yang sering digunakan adalah serat pisang, kapas, wol, serat nanas, serat rami, serat ijuk dan serat sabut kelapa, sedangkan serat sintetis diantaranya nilon, gelas, akril dan rayon. Serat alam adalah serat yang banyak diperoleh di alam sekitar, yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti serat batang pisang, bambu, rosella, nanas, kelapa, ijuk dan lain-lain.

Serat alam mulai mendapatkan perhatian serius dari para ahli material komposit, karena serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi, karena serat alami memiliki massa jenis yang rendah dan juga serat alam mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali, harga relatif murah, dan tidak beracun. Serat alam ijuk, sabut kelapa, sisal, jerami, nanas dan lain-lain merupakan hasil alam yang banyak tumbuh di Indonesia. Berikut adalah skema klasifikasi jenis serat alam di tunjukkan pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Klasifikasi jenis serat alam (Loan, 2006)

## 2.6. Serat Alam

Serat alam adalah serat yang berasal dari alam seperti serat ijuk, serat nenas, serat kelapa, dan lain-lain. Menurut (Chandrabakty, 2011) terdapat beberapa alasan menggunakan serat alam sebagai penguat komposit sebagai berikut :

1. Lebih ramah lingkungan dan *biodegradable* dibandingkan dengan serat sintetis.
2. Berat jenis serat alam lebih kecil.
3. Memiliki rasio berat-modulus lebih baik dari serat *E-glass*.
4. Komposit serat alam memiliki daya redam akustik yang lebih tinggi dibandingkan komposit serat *E-glass* dan serat karbon.
5. Serat alam lebih ekonomis dari serat *glass* dan karbon.

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1. Tempat

Tempat pelaksanaan dan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

#### 3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai tanggal di sah kannya usulan judul penelitian oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dan akan di kerjakan selama kurang lebih 6 bulan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

| No. | Kegiatan             | Bulan |   |   |   |   |   |
|-----|----------------------|-------|---|---|---|---|---|
|     |                      | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1   | Pengajuan Judul      | ■     |   |   |   |   |   |
| 2   | Studi Literatur      | ■     |   |   |   |   |   |
| 3   | Pembuatan Alat       |       | ■ |   |   |   |   |
| 4   | Penyelesaian Tulisan |       |   | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 5   | Seminar Hasil        |       |   |   |   |   | ■ |

### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1. Bahan

##### 1. Atap Seng

Atap seng digunakan sebagai bahan untuk membuat cetakan dan bentuk atap berongga berbahan serat kayu seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 atap seng

##### 2. Serat Kayu

Serat kayu digunakan sebagai bahan baku pembuatan atap berongga dengan mencampurkannya dengan resin sebagai bahan penguat seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Serat Kayu

##### 3. *Fiberglass* (serat kaca)

*Fiberglass* atau serat kaca berguna sebagai bahan baku yang akan mengikat antara serat kayu dan resin seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 *fiberglass* (serat kaca)

#### 4. Katalis

Katalis digunakan sebagai campuran resin, katalis memiliki karakter berwarna bening dan memiliki bau yang menyengat, fungsi katalis sebagai pengeras resin seperti yang terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 katalis

#### 5. Resin

Resin adalah material utama yang digunakan dalam pembuatan bahan komposit yang akan mengikat material campurannya dan akan mengeras bila dicampurkan dengan katalis seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 resin

#### 6. Batu Bata

Batu bata berfungsi untuk pembuatan dinding rumah dan sebagai bahan konstruksi tembok, pagar, dan elemen rumah lainnya seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Batu Bata

#### 7. Pasir

Pasir berfungsi untuk bahan material yang digunakan sebagai bangunan untuk merikat semen seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Pasir

### 3.2.2. Alat

#### 8. Kuas

Kuas digunakan sebagai alat yang akan melapisi cetakan seng dengan adukan komposit yang telah dibuat sebelumnya juga untuk menghindari kontak langsung dengan tangan seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Kuas

#### 9. Gunting

Gunting digunakan sebagai alat untuk memotong *fiberglass* sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan seperti yang terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Gunting

#### 10. Gerinda Tangan

Gerinda tangan digunakan sebagai alat untuk memotong sisa-sisa komposit yang telah mengeras dan bagian yang tidak diperlukan seperti yang terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Gerinda Tangan

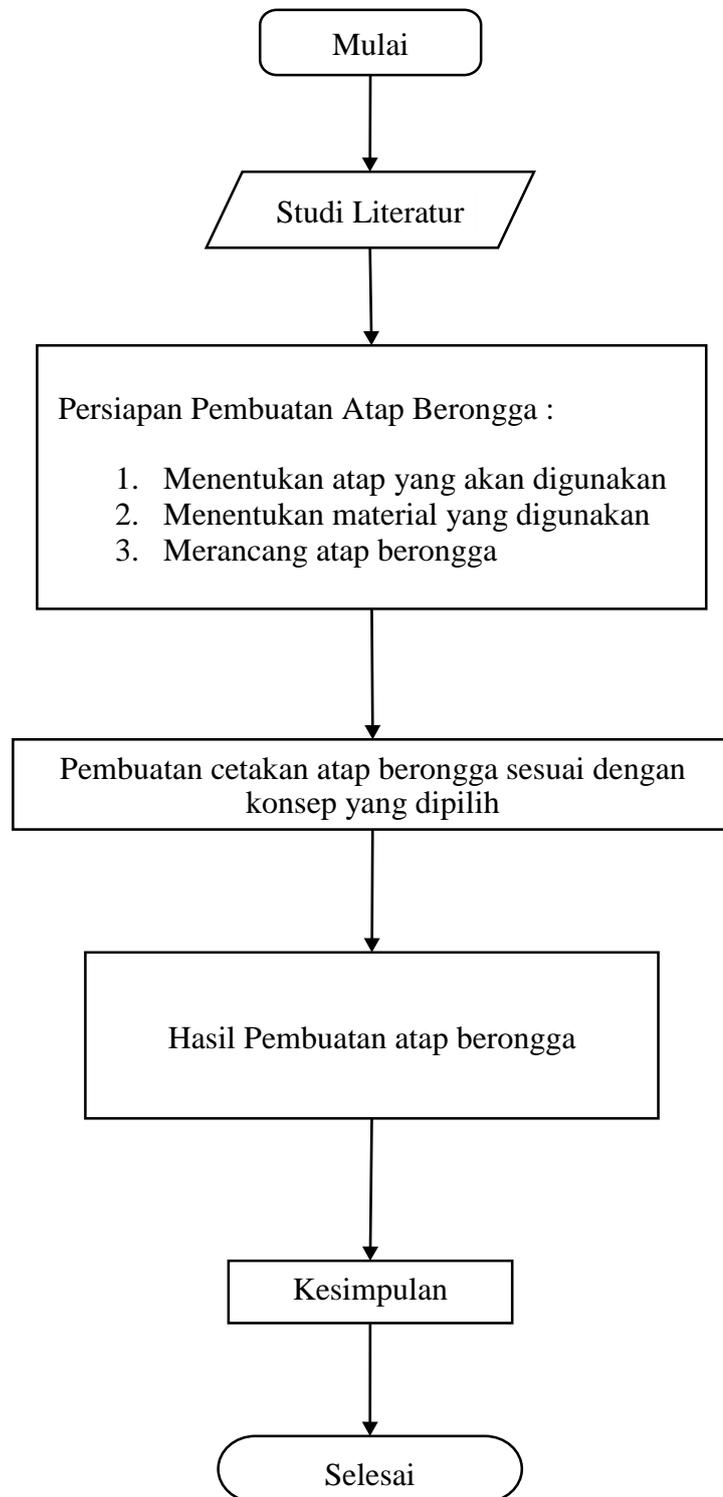
#### 11. Mesin Las

Mesin las digunakan sebagai alat yang akan menyambungkan material logam yang akan digunakan sebagai konstruksi atau rangka seperti yang terlihat pada gambar 3.11.



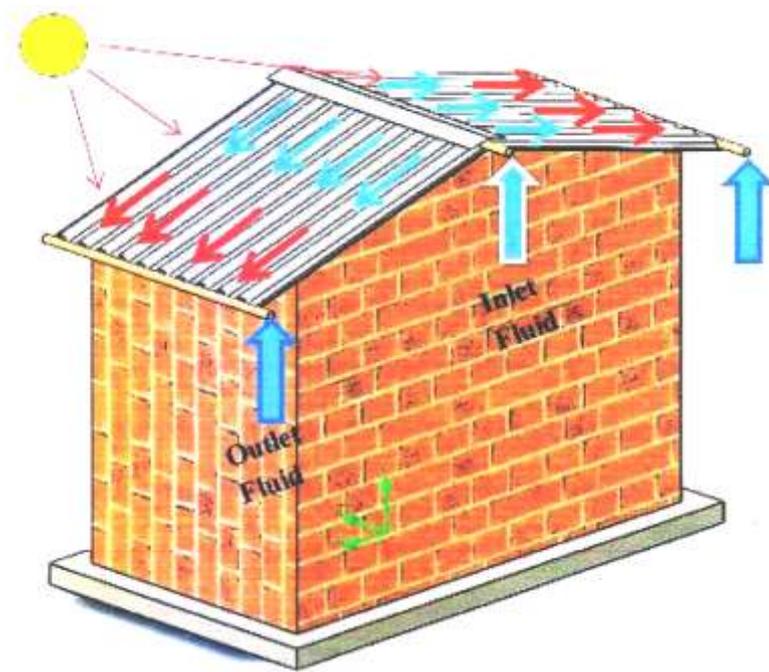
Gambar 3.11 Mesin Las

### 3.3. Bagan Aliran Penelitian



Gambar 3.12 Bagan Alir Penelitian

### 3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.13 rancangan alat penelitian

Berdasarkan perancangan yang dilakukan terhadap atap sehingga maka sistem kerja dari atap berongga sebagai berikut :

Digambarkan mula-mula fluida masuk melalui pipa pada bagian tengah yang mana dengan kecepatan tertentu akan masuk ke rongga-rongga atap di sebelah kanan dan kiri, Matahari sebagai sumber panas yang langsung menyinari permukaan atap yang mana akan menembus ke dalam atap. Di situ lah tugas air sebagai pembawa panas dan keluar melalui pipa di ujung atap. Dan terus menerus kejadian ini berulang sampai temperatur di dalam ruangan sejuk dan nyaman.

### 3.5 Prosedur Pembuatan

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada pembuatan atap berongga ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan serbuk kayu, *fiberglass* dan resin yang akan menjadi bahan utama dalam pembuatan atap berongga.
2. Mempersiapkan 1 lembar atap berbahan seng dengan ukuran panjang 80 cm, lebar =80cm dan tinggi=80 cm untuk membuat cetakan atap berongga berbahan serat kayu.
3. Mengoleskan mirror glaze (bahan anti lengket) menggunakan kain bersih ke seluruh permukaan atap seng supaya saat mencetak mudah membuka pada saat resin telah mengeras.
4. Mencampurkan serat serbuk kayu meranti merah dengan campuran resin 2 liter resin dan 2 tutup botol katalis lalu diaduk sampai merata dan siapkan *fiberglass* lalu tuangkan campuran resin dan katalis pada *fiberglass* tersebut seperti yang terlihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 mencampurkan resin dan katalis pada *fiberglass*

5. Membuat cetakan parit atap dengan campuran serat serbuk kayu meranti merah dengan campuran 3 liter resin dan 3 tutup katalis lalu diaduk sampai merata, selain itu tuang campuran resin ke parit dengan menggunakan besi c untuk membuat cetakan paritnya olesin secara merata seperti yang terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 membuat cetakan atap berongga

6. Meletakkan fiberglass sebagai lapisan terakhir dan campurkan serat serbuk kayu meranti merah dengan campuran resin 1,5 liter resin dan 1,5 tutup botol katalis lalu aduk sampai merata dan tuangkan campuran resin dan katalis pada fiber glass dan oleskan hingga merata dan hingga kering seperti yang terlihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 atap berongga bahan serat kayu

7. Selesai.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. 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 m<sup>3</sup>.

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.

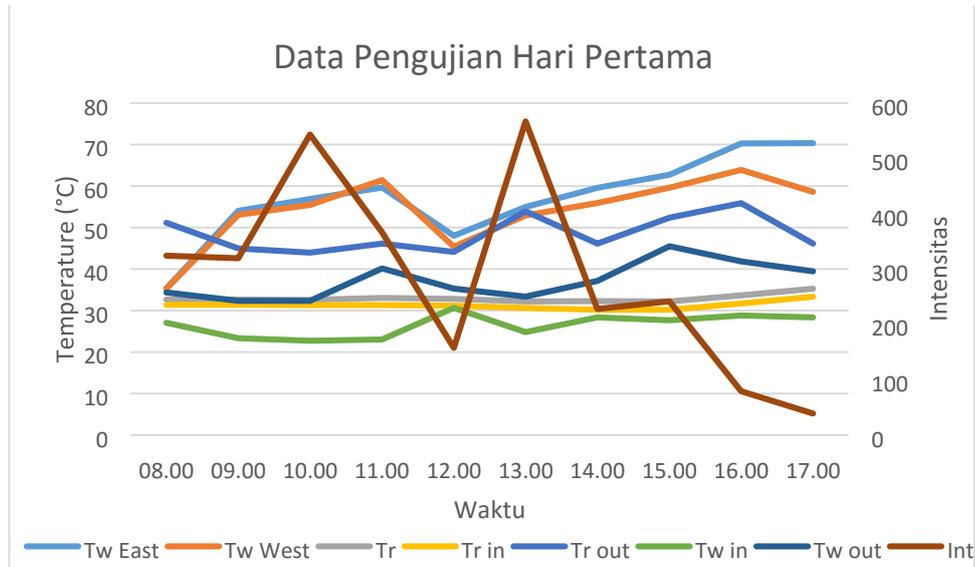
##### 4.1.1. Data temperatur hari pertama.

Data temperatur hasil pengujian yang dilakukan pada hari pertama dituangkan dalam bentuk tabel, seperti yang terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 data hasil pengujian temperatur 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    |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari pertama, data yang di peroleh kemudian diolah menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 grafik hasil pengujian hari pertama.

Gambar 4.1 menunjukkan data hasil pengujian pada hari pertama dengan data yang diperoleh dalam 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.

#### 4.1.2. Data temperatur hari kedua

Pengujian yang dilakukan pada hari kedua diperoleh data hasil pengujian yang dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel 4.2.

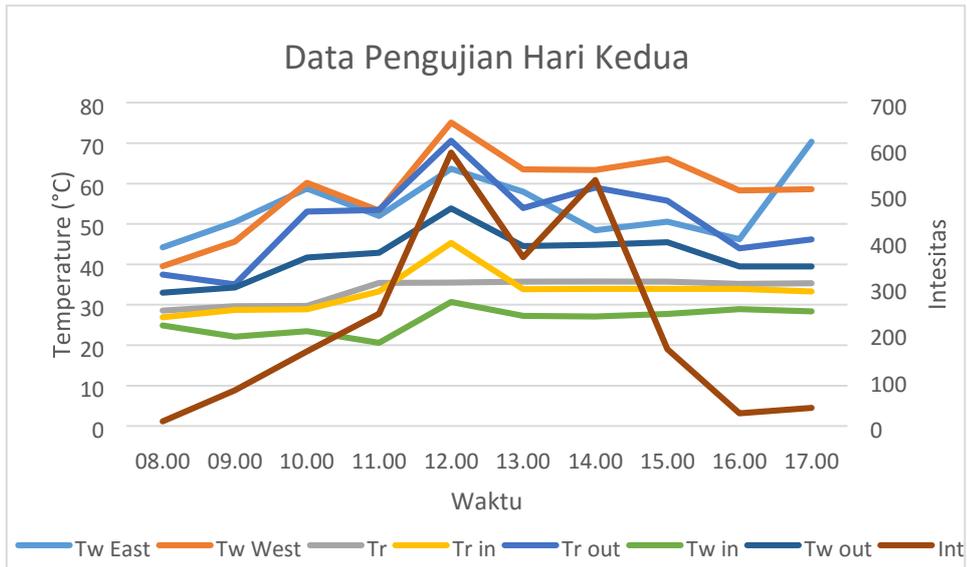
Tabel 4.2 data hasil pengujian temperatur hari kedua

| 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 |
| 10.0  | 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 |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari kedua, data yang di peroleh kemudian diolah menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar

#### 4.2.



Gambar 4.2 grafik hasil pengujian hari kedua.

Gambar 4.2 menunjukkan data hasil pengujian pada hari kedua dengan suhu tertinggi berada pada pukul 12.00-13.00, temperatur yang terjadi sangat mempengaruhi pada atap bagian atas, sedangkan titik suhu yang lain memiliki tingkat suhu yang stabil di bawah angka 40°C.

#### 4.1.3. Data temperatur hari ketiga

Pengujian yang dilakukan pada hari ketiga diperoleh data hasil pengujian yang dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel

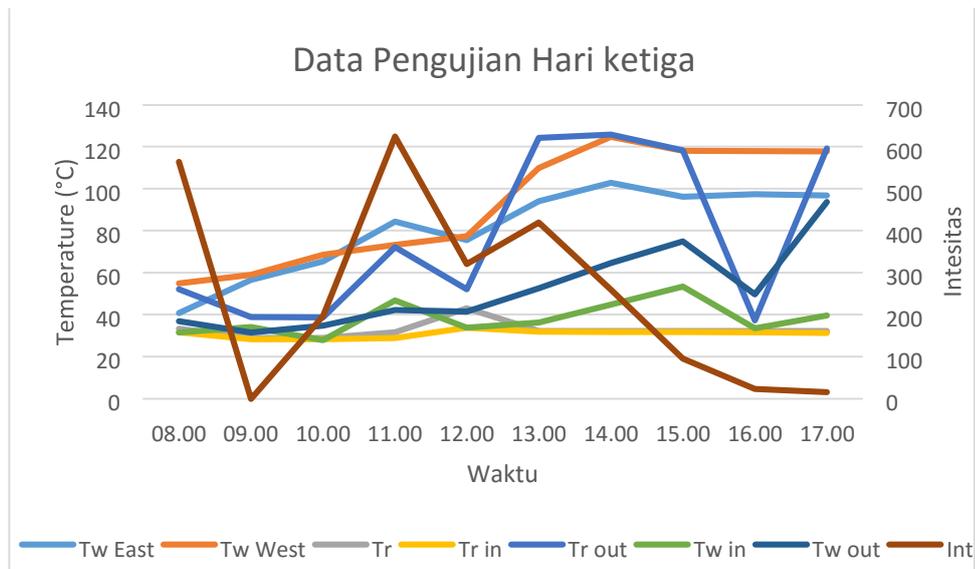
#### 4.3.

Tabel 4.3 data hasil pengujian temperatur hari ketiga

| Time  | Tw    |      |       |       |        |       |        | Int   |
|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
|       | East  | West | Tr    | Tr in | Tr out | Tw in | Tw out |       |
| 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    | 41,53  | 21,1  |
| 13.00 | 94,21 | 10,1 | 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    |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari ketiga, data yang di peroleh kemudian diolah menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 grafik hasil pengujian 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.

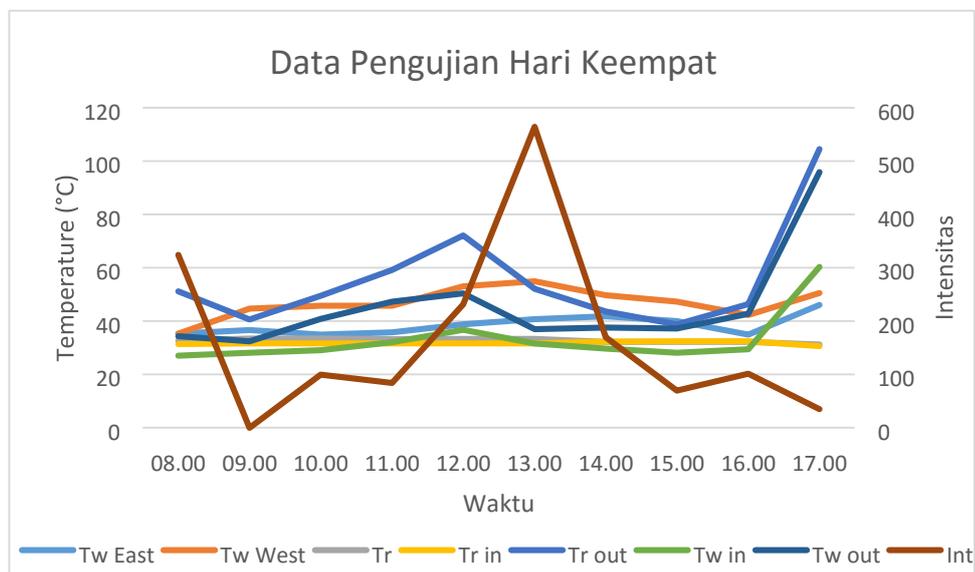
#### 4.1.4. Data hasil pengujian temperatur hari keempat

Pengujian yang dilakukan pada hari keempat diperoleh data hasil pengujian yang dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 data hasil pengujian temperatur 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 |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari keempat, data yang di peroleh kemudian diolah menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 grafik hasil pengujian 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/m<sup>2</sup>). 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.

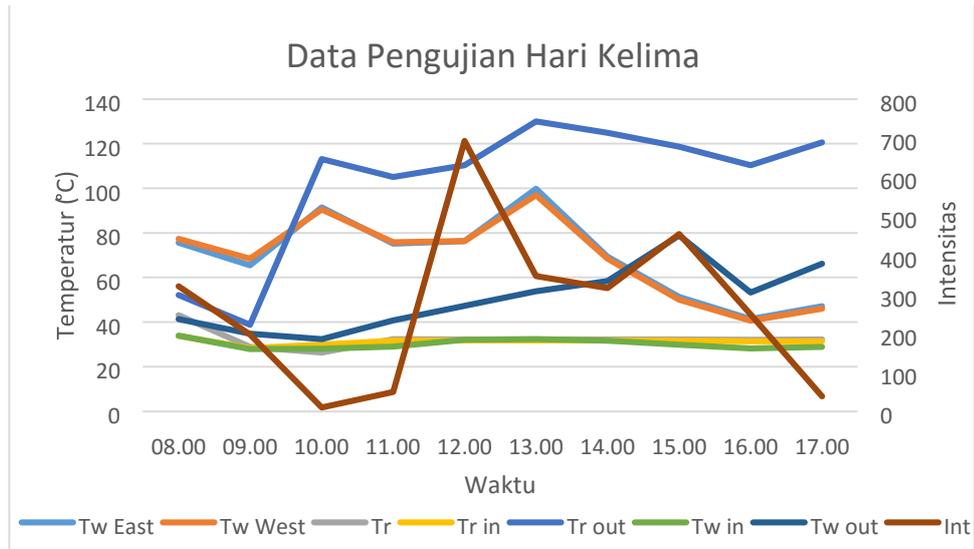
#### 4.1.5. Data hasil pengujian temperatur hari kelima

Pengujian yang dilakukan pada hari kelima diperoleh data hasil pengujian yang dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 data hasil pengujian temperatur hari kelima

| Time  | Tw<br>East | Tw<br>West | Tr    | Tr in | Tr out | Tw in | Tw<br>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  |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari kelima, data yang di peroleh kemudian diolah menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 grafik hasil pengujian hari kelima.

Pada hari ini pagi hari diawali dengan tingkat intensitas matahari menunjukkan angka yang tinggi dengan rata-rata angka 300- 500 (W/m<sup>2</sup>) 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.

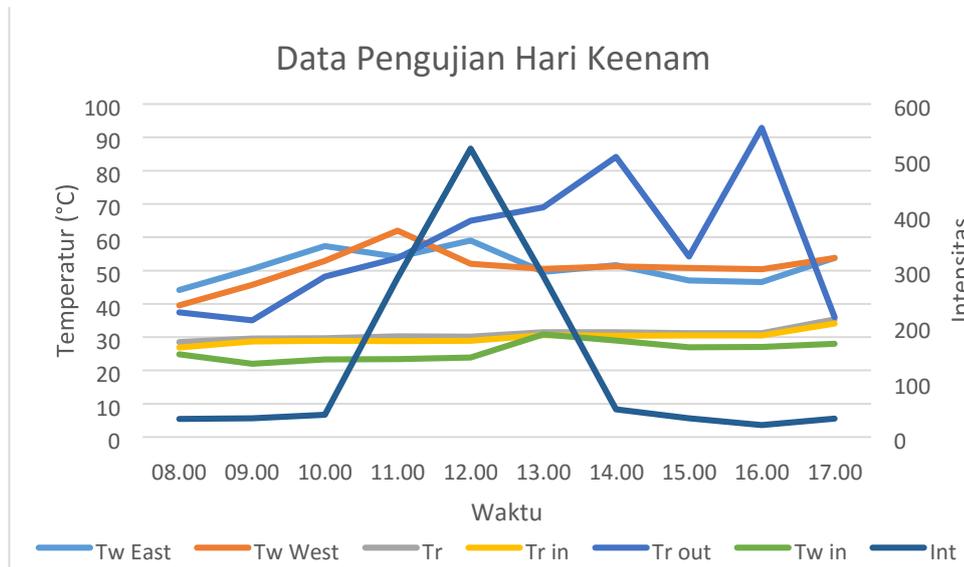
#### 4.1.6. Data hasil pengujian temperatur hari keenam

Pengujian yang dilakukan pada hari keenam diperoleh data hasil pengujian yang dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 data hasil pengujian temperatur 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  |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari keenam, data yang di peroleh kemudian diolah menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 grafik hasil pengujian hari keenam

Gambar 4.6 menunjukkan 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 15.0016.00 Wib dan naik kembali hingga mencapai suhu 88°C pada waktu berikutnya.

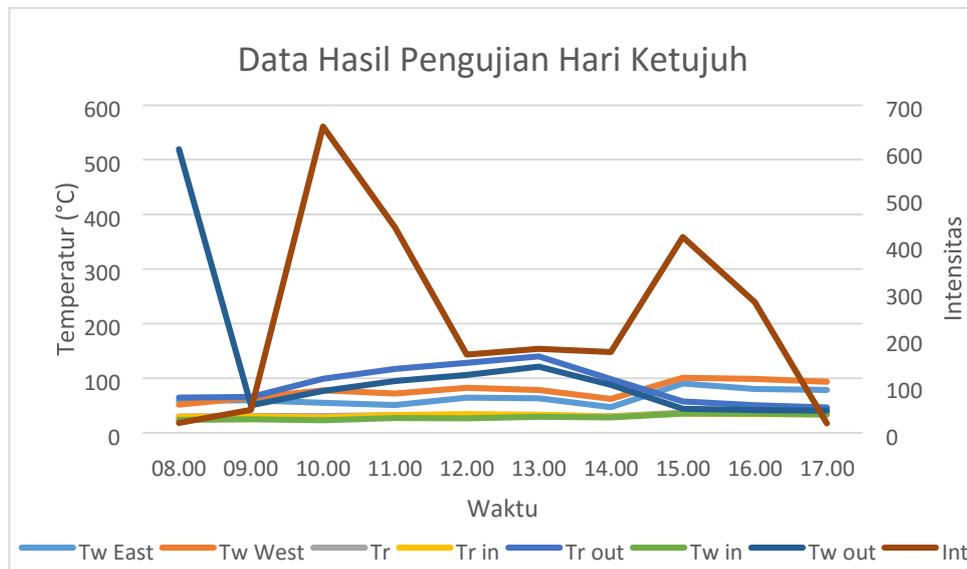
#### 4.1.7. Data hasil pengujian temperatur hari ketujuh

Pengujian yang dilakukan pada hari ketujuh diperoleh data hasil pengujian yang dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang terlihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 data hasil pengujian temperatur 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  | 95,14  | 39,3  |
| 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  |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada hari ketujuh, data yang di peroleh kemudian diolah menjadi grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 grafik hasil pengujian 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.

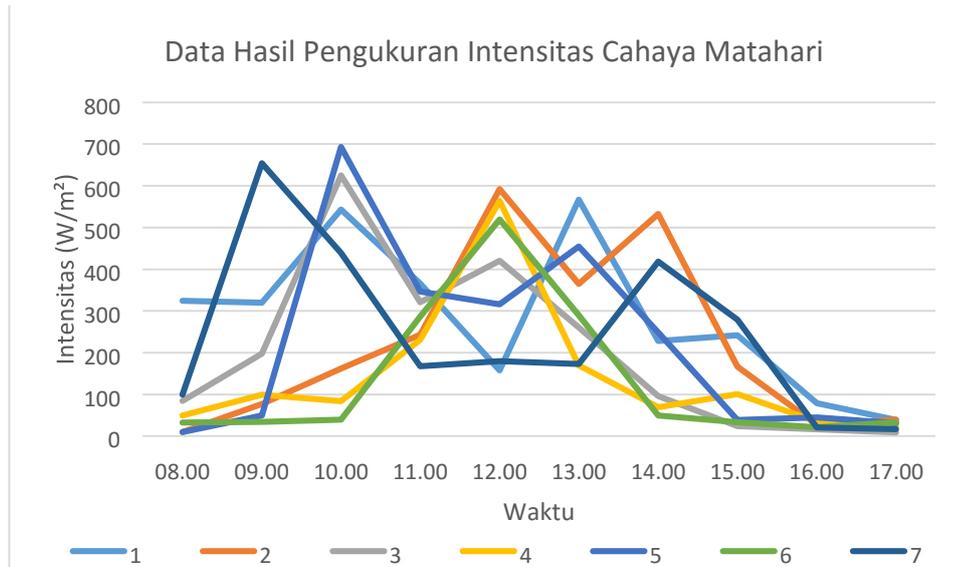
#### 4.1.8. Data Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas matahari menjadi salah satu faktor terpenting pada penelitian ini semakin besar tingkat intensitas matahari 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 tabel 4.8.

Tabel 4.8 data intensitas cahaya matahari selama seminggu

| Time  | Hari Ke- |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 1        | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 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  |

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan terhadap intensitas cahaya matahari selama pengujian dalam 7 hari maka didapatkan data yang intensitas cahaya matahari yang dituangkan dalam bentuk grafik seperti yang terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 grafik hasil pengukuran intensitas cahaya matahari seminggu

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 mataharinya hampir menyentuh angka 0. Dan untuk hari-hari lainnya stabil berada pada rata-rata angka 250-480 ( $W/m^2$ ).

#### 4.2. Pembahasan

Data yang telah diperoleh selama 7 hari akan dilakukan perhitungan 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 konduksi

##### 1. Hari Pertama

$$k = 5,932 \text{ W/m}^2\text{K}$$

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

$$\Delta T = 19,76^\circ\text{C}$$

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

$$k.A.\Delta T$$

$$Q = \frac{\quad}{d}$$

$$Q = \frac{5,932 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,0016 \text{ m}^2 \cdot 19,76^\circ\text{C}}{0,0025 \text{ m}}$$

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

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

##### 2. Hari Kedua

$$k = 5,932 \text{ W/m}^2\text{K}$$

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

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

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

$$Q = \frac{\quad}{\quad}$$

$$k.A.\Delta T$$

$$T d$$

$$5,932 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,0016 \text{ m}^2 \cdot 10,56^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{\quad}{0,0025 \text{ m}}$$

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

##### 3. Hari Ketiga

$$k = 5,932 \text{ W/m}^2\text{K}$$

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

$$\text{Diketahui :}$$

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

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

$$k.A.\Delta T$$

$$Q = \frac{\quad}{d}$$

$$Q = 5,932 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 1,0016 \text{ m}^2 \cdot 10,63^\circ\text{C}$$

---


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

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

4. Hari Keempat  $k = 5,932 \text{ W/m}^2\text{K}$

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

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

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

$$Q = \frac{\quad}{\quad}$$

$$k.A.\Delta T$$

$$T d$$

$$Q = 5,932 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,0016 \text{ m}^2 \cdot 8,98^\circ\text{C}$$

---


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

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

5. Hari Kelima  $k = 5,932 \text{ W/m}^2\text{K}$

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

$$\Delta T = 8,32^\circ\text{C}$$

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

$$Q = k.A$$

---


$$\Delta T d$$

$$5,932 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,0016 \text{ m}^2 \cdot 8,32^\circ\text{C}$$

$$Q = \frac{\quad}{\quad}$$

---


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

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

$$0,0025m$$

$$Q = 31,59 J/s$$

6. Hari Keenam  $k = 5,932 W/m^2K$

$$A = 0,0016 m^2$$

Diketahui :

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

$$d = 0,0025 m$$

$$Q = \text{————}$$

$$k.A.$$

$$T d$$

$$Q = 5,932 W/m^2K \times 0,0016 m^2 \times 24,93^{\circ}C$$

7. Hari Ketujuh  $k = 5,932 W/m^2K$

$$\text{Diketahui : } A = 1,0016 m^2$$

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

$$d = 0,0025 m$$

$$Q = \text{————}$$

$$k.A.$$

$$T d$$

$$Q = \frac{5,932 W/m^2K \times 0,0016 m^2 \times 36,55^{\circ}C}{1,0025 m}$$

$$Q = 138,76 J/s$$

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap laju perpindahan panas sistem atap berongga berbahan serat kayu dan *fiberglass* dapat di ambil kesimpulan bahwa :

1. Pada hari senin Perolehan hasil perpindahan panas hari ketiga dapat dilihat pada grafik diatas terlihat ada lonjakan besar yang terjadi yaitu pada pukul 12.00 Wib dengan nilai angka 90 (J/s). Kemudian mengalami penurunan kembali pada pukul berikutnya, Pada hari jugrafiik 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, Dari kasus ini dapat kita simpulkan bahwa kecepatan angin dapat mempengaruhi besarnya perpindahan panas yang terjadi.
2. Pada hari rabu perpindahan panas konveksi atap Pada hari rabu perpindahan panas konveksi atap 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 niai perpindahan panas atap kanan berada pada nilai angka 90,03 (J/s). Pada penelitian ini kinerja atap sedikit terbantu dengan kecepatan angin yang tinggi, angin dapat mengurangi besarnya panas matahari.
3. Pada penelitian ini kinerja atap sedikit terbantu dengan kecepatan angin yang tinggi, angin dapat mengurangi besarnya panas matahari, hal ini dibuktikan pada fakta yang terdapat di point pertama.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil perancangan yang dilakukan didapatkan beberapa saran sebagai berikut :

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

- Ali S, Safrijal. 2017. Pembuatan Papan Serat Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Metode Penuangan Secara Langsung Berukuran 100x300 mm. *Jurnal Mekanova*, 3(4): 37-48.
- Azwar E, 2017. Aplikasi Selulosa Sebagai Filler Pada komposit Beton. Teknosain. Yogyakarta.
- Bukit, N. 1988. Beberapa Pengujian Sifat Mekanik Dari Komposit Yang Diperkuat Dengan Serat Gelas. Skripsi. FMIPA, USU. Medan.
- Chandrabakty, Sri. 2011. Pengaruh Panjang Serat Tertanam Terhadap Kekuatan Geser Interfacial Komposit Serat Batang Melinjo Matriks Resin Epoxy. *Jurnal Skripsi. Teknik Mesin Universitas Tadulako*, Palu.
- Gibson, F. R., 1994, *Principles Of Composite Material Mechanis*, International Edition, McGraw-Hill Inc, New York.
- Lapisa, R. K. (2018). Pengaruh Inersia Termal Tanah Terhadap Kenyamanan Ruang Rumah. *Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 99-106.
- Malcolm, P. S. 2001. *Polymer Chemistry : An Introduction*, diterjemahkan oleh Lis Sopyan, Cetakan Pertama, PT. Pradnya Paramita : Jakarta.
- Mikell PG., 1996, *Composite Material Fundamental of Modern Manu-facturing Material, Processes, And System*, Prentice Hall.
- 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 Atap Rumah. *Jurnal Pembangunan Kota Semarang RIPTEK*, 55-65.
- Rilatupa, J. (2008). Aspek Kenyamanan Termal pada Pengkondisian Ruang Dalam. *EMAS Jurnal Sain dan Teknologi*.
- Robert L. Mott, P.E. 2004. "Elemen – Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis". Yogyakarta: Andi Publiser.
- Roozenburg, N. F. M. Eekels, J., *Product Desain: Fundamentals and Methods*; John Willey & Sons (1991).

Schwartz, M. M. Composite Materials, Processing, Fabrication, And Applications.  
New Jersey: Prentice Hall PTR.

Tamaela, V. 2016. Karakteristik Curing 80° dan 100°C Komposit Serat E-Glass.  
Skripsi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata  
Dharma. Yogyakarta.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

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

Nama : Juanda  
NPM : 1807230079

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

| No | Hari/Tanggal   | Kegiatan                    | Paraf |
|----|----------------|-----------------------------|-------|
| 1. | 6 - 12 - 2022  | Tentukan bahan<br>keaporn   | Sh    |
| 2. | 15 - 12 - 2022 | Analisis Ranas<br>yg marik. | Sh    |
| 3. | 5 - 1 - 2023   | Revisi grafik.              | Sh.   |
| 4. | 27 - 1 - 2023  | Revisi gambar.              | Sh    |
| 5. | 16 - 2 - 2023  | Tentukan data-pua.          | Sh.   |
| 6. | 13 - 3 - 2023  | ACC. sidang.                | Sh.   |

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Juanda  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 26-06-1999  
Alamat : Jl. Kl yos sudarso kota bangun Gg Broco Medan  
Agama : Islam  
E-mail : [juandawanda228@gmail.com](mailto:juandawanda228@gmail.com)  
No.Hp : 088261952784

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD N 060946 Medan Deli Tahun 2005-2011
2. SMP N 43 Medan Tahun 2011-2014
3. SMK Sinar Husni Labuhan Deli Tahun 2014-2017
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018-2023

