

**RANCANG BANGUN *SOLAR CHIMNEY* SEBAGAI ALAT  
PENGKONVERSI ENERGI SURYA MENJADI ENERGI MEKANIK  
DENGAN KOLEKTOR BERSIRIP**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**LESTARI INDRIA SARI**  
**NIM. 12640041**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**RANCANG BANGUN *SOLAR CHIMNEY* SEBAGAI ALAT  
PENGONVERSI ENERGI SURYA MENJADI ENERGI  
MEKANIK DENGAN KOLEKTOR BERSIRIP**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**LESTARI INDRIA SARI  
NIM. 12640041**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN *SOLAR CHIMNEY* SEBAGAI ALAT PENGONVERSI  
ENERGI SURYA MENJADI ENERGI MEKANIK DENGAN KOLEKTOR  
BERSIRIP

SKRIPSI

Oleh:

LESTARI INDRIA SARI


NIM. 12640041

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:  
Pada Tanggal: 20 Juni 2016

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
Farid Samsu Hananto, M.T  
NIP. 19740513 200312 1 001

  
Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes  
NIP. 19750808 199903 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Ena Hasruti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009



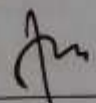

## HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN *SOLAR CHIMNEY* SEBAGAI ALAT PENGONVERSI  
ENERGI SURYA MENJADI ENERGI MEKANIK DENGAN KOLEKTOR  
BERSIRIP

SKRIPSI

Oleh:  
LESTARI INDRIA SARI  
NIM. 12640041

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 20 Juni 2016

|                    |  |   |
|--------------------|--|---|
| Penguji Utama      | : <u>Erika Rani, M.Si</u><br>NIP. 19810613 200604 2 002              |  |
| Ketua Penguji      | : <u>Irjan, M.Si</u><br>NIP. 19691231 200604 1 003                   |  |
| Sekretaris Penguji | : <u>Farid Samsu Hananto, M.T</u><br>NIP. 19740513 200312 1 001      |  |
| Anggota Penguji    | : <u>Dr. Agus Mulvono, S.Pd, M.Kes</u><br>NIP. 19750808 199903 1 003 |  |

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika  
  
Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : LESTARI INDRIA SARI

NIM : 12640041

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Rancang Bangun *Solar Chimney* sebagai Alat  
Pengkonversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik  
dengan Kolektor Bersirip

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 06 Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan,



LESTARI INDRIA SARI  
NIM. 12640041

## MOTTO

“Tekun itu tak ternilai”

“Belajar dari hari kemarin, hidup untuk hari ini, berharap untuk hari esok. Yang terpenting tidak berhenti bertanya” (Albert Einstein )



## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

### **Aku Persembahkan Karya Ini:**

Allah SWT Yang Maha Esa, Sang Penguasa alam

Bapakku pak Suyono, Ibuku ibu Siti Nur Khasanah, dan segenap keluargaku,  
terimakasih atas dukungan dan do'a

Bapak dan ibu dosen yang dengan sabar selalu membimbing, dan menunjukkan  
betapa indah ilmu pengetahuan

Teman terbaikku, Arini Maulida fauziah

Teman-temanku, Makbul, Rina Agustina, Amiliyatul Mawaddah, Mas Irfan, Mas  
Nasir, Anna Akhsanus Sulukiyak, Lailatus Sa'adah, Dayanara Estu Hapsari SP,  
Siti Ponarwati, Vera Firman, Anis Choiriyah, Nizara Isnanda, Nadif Muttaqin,  
Ja'far Shodiq, Abdul Baqi, Naufal Fadli Nahwi dan teman-teman Fisika 2012,  
terimakasih atas dukungan dan do'a

## KATA PENGANTAR



*Assalamualaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah, Nabi besar Muhammad SAW serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah SWT, Penulis Dapat Menyelesaikan Skripsi Yang Berjudul Rancang Bangun *Solar Chimney* sebagai Alat Pengkonversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik dengan Kolektor Bersirip sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Selanjutnya penulis haturkan ucapan terima kasih seiring do'a dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan yang telah banyak meluangkan waktu, nasehat dan Inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan Skripsi.
4. Farid Samsu Hananto, M.T selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes selaku Dosen Pembimbing Agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Qur'an serta Hadits.



6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia mengamalkan ilmunya, membimbing dan memberikan pengarahan serta membantu selama proses perkuliahan.
7. Kedua orang tua Bapak Suyono dan Ibu Siti Nur Khasanah dan semua keluarga yang telah memberikan dukungan, restu, serta selalu mendoakan disetiap langkah penulis.
8. Teman-teman dan para sahabat terimakasih atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, tambahan ilmu dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca *Amin Ya Rabbal Alamin*.

*Wassalamu'alaikumWr. Wb.*

Malang, 06 Juni 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                 | i    |
| <b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....             | ii   |
| <b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....           | iii  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....            | iv   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....            | v    |
| <b>MOTTO</b> .....                         | vi   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....           | vii  |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                | viii |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                    | x    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                 | xii  |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                  | xiii |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....               | xiv  |
| <b>ABSTRAK</b> .....                       | xv   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....             | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                   | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                  | 5    |
| 1.3 Tujuan .....                           | 5    |
| 1.4 Manfaat .....                          | 5    |
| 1.5 Batasan Masalah .....                  | 6    |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....       | 7    |
| 2.1 Matahari .....                         | 7    |
| 2.2 <i>Solar Chimney</i> .....             | 10   |
| 2.2.1 Prinsip <i>Solar Chimney</i> .....   | 11   |
| 2.3 Energi Surya .....                     | 12   |
| 2.2.1 Radiasi Surya .....                  | 13   |
| 2.2.2 Deklinasi Matahari .....             | 17   |
| 2.4 Kolektor Surya .....                   | 18   |
| 2.4.1 Kolektor Surya Tipe Plat Datar ..... | 19   |
| 2.4.2 Kolektor Surya Tipe Prismatik .....  | 20   |
| 2.5 Efisiensi Kolektor Surya .....         | 21   |
| 2.5.1 Efisiensi Termal .....               | 21   |
| 2.5.2 Efisiensi Sistem .....               | 21   |
| 2.6 Fluida .....                           | 23   |
| 2.7 Perpindahan Panas .....                | 24   |
| 2.7.1 Konduksi .....                       | 24   |
| 2.7.2 Konveksi .....                       | 26   |
| 2.7.3 Radiasi .....                        | 27   |
| 2.8 Aluminium .....                        | 28   |
| 2.8.1 Sifat Kimia Aluminium .....          | 28   |
| 2.8.2 Sifat Fisika Aluminium .....         | 29   |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....     | 31   |
| 3.1 Jenis Penelitian .....                 | 31   |
| 3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian .....      | 31   |
| 3.3 Alat Dan Bahan .....                   | 31   |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 3.4                                     | Prosedur Penelitian .....   | 32 |
| 3.4.1                                   | Deskripsi Rancangan Alat .....  | 32 |
| 3.4.2                                   | Spesifikasi Rancangan Alat .....  | 32 |
| 3.4.3                                   | Desain Rancangan Alat .....   | 36 |
| 3.5                                     | Teknik Pengambilan Data .....   | 36 |
| 3.6                                     | Data Hasil penelitian .....   | 37 |
| <b>BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN</b> ..... |   | 38 |
| 4.1                                     | Data Hasil Penelitian .....   | 38 |
| 4.1.1                                   | Intensitas Matahari .....   | 38 |
| 4.1.2                                   | Temperatur Kolektor .....   | 39 |
| 4.2                                     | Pembahasan .....  | 44 |
| 4.2.1                                   | Pembuatan Alat .....  | 44 |
| 4.2.2                                   | Unjuk Kerja Alat .....  | 45 |
| 4.2.3                                   | Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Kecepatan Angin .....                           | 46 |
| 4.2.4                                   | Efisiensi Alat .....  | 47 |
| 4.2.4.1                                 | Efisiensi Termal Kolektor .....   | 47 |
| 4.2.4.2                                 | Efisiensi Sistem .....  | 51 |
| 4.2.5                                   | Pengaruh Ketinggian <i>Chimney</i> Terhadap Efisiensi Sistem .....                    | 55 |
| 4.2.6                                   | Konversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik Dalam<br>Perspektif Seorang Muslim ..... | 56 |
| <b>BAB V PENUTUP</b> .....              |   | 59 |
| 5.1                                     | Kesimpulan .....  | 59 |
| 5.2                                     | Saran .....   | 59 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                   |   |    |
| <b>LAMPIRAN</b>                         |   |    |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1  | Matahari.....  | 7  |
| Gambar 2.2  | Prinsip Kerja <i>Solar Chimney</i> Deklinasi Matahari.....         | 11 |
| Gambar 2.3  | Deklinasi Matahari .....   | 18 |
| Gambar 2.4  | Kolektor Tipe Prismatic.....                                       | 20 |
| Gambar 3.1  | Kerangka Penyangga .....   | 33 |
| Gambar 3.2  | Plat <i>Absorber</i> .....   | 34 |
| Gambar 3.3  | Penyerap panas.....  | 34 |
| Gambar 3.4  | Penutup Kaca Atas .....  | 35 |
| Gambar 3.5  | Penutup Kaca Miring.....   | 35 |
| Gambar 3.6  | <i>Solar Chimney</i> Dengan Kolektor bersirip.....                 | 36 |
| Gambar 4.1  | Intensitas Matahari.....   | 38 |
| Gambar 4.2  | Temperatur Kolektor Dengan <i>Chimney</i> 10 cm.....               | 40 |
| Gambar 4.3  | Temperatur Kolektor Dengan <i>Chimney</i> 30 cm.....               | 40 |
| Gambar 4.4  | Temperatur Kolektor Dengan <i>Chimney</i> 50 cm.....               | 41 |
| Gambar 4.5  | Temperatur Kolektor Dengan <i>Chimney</i> 70 cm.....               | 42 |
| Gambar 4.6  | Temperatur Kolektor Dengan <i>Chimney</i> 100 cm.....              | 43 |
| Gambar 4.7  | <i>Solar Chimney</i> dengan Kolektor Bersirip.....                 | 45 |
| Gambar 4.8  | Grafik Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Kecepatan Angin ..... | 46 |
| Gambar 4.9  | Grafik Efisiensi Kolektor Pada <i>Chimney</i> 10 cm.....           | 47 |
| Gambar 4.10 | Grafik Efisiensi Kolektor Pada <i>Chimney</i> 30 cm.....           | 48 |
| Gambar 4.11 | Grafik Efisiensi Kolektor Pada <i>Chimney</i> 50 cm.....           | 49 |
| Gambar 4.12 | Grafik Efisiensi Kolektor Pada <i>Chimney</i> 70 cm.....           | 49 |
| Gambar 4.13 | Grafik Efisiensi Kolektor Pada <i>Chimney</i> 100 cm.....          | 50 |
| Gambar 4.14 | Grafik Efisiensi Sistem Pada <i>Chimney</i> 10 cm.....             | 51 |
| Gambar 4.15 | Grafik Efisiensi Sistem Pada <i>Chimney</i> 30 cm.....             | 52 |
| Gambar 4.16 | Grafik Efisiensi Sistem Pada <i>Chimney</i> 50 cm.....             | 52 |
| Gambar 4.17 | Grafik Efisiensi Sistem Pada <i>Chimney</i> 70 cm.....             | 53 |
| Gambar 4.18 | Grafik Efisiensi Sistem Pada <i>Chimney</i> 100 cm.....            | 54 |

## DAFTAR TABEL

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Tabel 2.1 | Konduktivitas Thermal Untuk Beberapa Bahan .....   | 25 |
| Tabel 3.1 | Tabel Data Hasil Penelitian.....   | 36 |
| Tabel 4.1 | Hasil Analisis Statik Hubungan Intensitas Dengan Kecepatan Angin .....                   | 47 |
| Tabel 4.2 | Hasil Analisis Statik Hubungan Ketinggian <i>Chimney</i> Terhadap Efisiensi Sistem ..... | 55 |



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data Hasil Penelitian
- Lampiran 2 Data Statistik
- Lampiran 3 Data Hasil Dan Analisis
- Lampiran 4 Data Efisiensi Kolektor
- Lampiran 5 Data Efisiensi Sistem
- Lampiran 6 Contoh Perhitungan
- Lampiran 7 Dokumentasi



## ABSTRAK

Sari, Lestari Indria. 2016. **Rancang Bangun Solar Chimney Sebagai Alat Pengkonversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik Dengan Kolektor Bersirip**. Skripsi. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes

---

**Kata Kunci** : *Solar Chimney*, Energi Surya, Kolektor

*Solar Chimney* merupakan salah satu energi terbarukan yang efisien, murah, dan tidak menimbulkan polusi. Dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi utamanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja kolektor bersirip terhadap perputaran turbin, untuk mengetahui hubungan antara intensitas dengan kecepatan angin yang dihasilkan oleh rancangan alat tersebut, dan untuk mengetahui hubungan antara ketinggian *chimney* (pipa) dengan efisiensi alat ini. Alat ini dibuat dengan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu: penutup transparan, penyerap panas (*absorber*) dan penyangga. Penyangga dibuat dari aluminium yang dibentuk seperti piramid. Untuk penyerap panas dicat hitam agar menyerap panas lebih banyak dan dibentuk bersirip-sirip. Kemudian penyerap panas itu dipasang diatas penyangga lalu dipasang kaca transparan sebagai penutup. Dan pada bagian atas kolektor, dipasang pipa dengan variasi ketinggian 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm, dan 100 cm. Pengambilan data ini dilakukan di luar ruangan. Hasil dari penelitian ini adalah semakin tinggi intensitas matahari, maka kecepatan angin yang dihasilkan semakin besar. Efisiensi yang dihasilkan mengalami kenaikan dan penurunan nilai.

## ABSTRACT

Sari, Lestari Indria. 2016. Design of Solar Chimney For Solar Energy Converter Tool Being Mechanical Energy With Finned collectors. Essay. Department of Physics, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: (I) Farid Samsu Hananto, M.T (II) Dr. Agus Mulyono, S.Pd, Kes

---

Keywords: Solar Chimney, Solar, Collectors

Solar Chimney is one of the renewable energy that is efficient, inexpensive, and does not cause pollution. By utilizing solar energy as a primary energy source, this study aims to determine the performance of the collector finned turbine rotation, the relationship between the intensity with winds generated by the design of the construction, and the relationship between the height of chimney (pipe) and the efficiency of the appliance. This design was made by dividing into three parts, namely: a transparent cover, heat sink (absorber) and buffer. The stand was made from aluminium shaped like a pyramid. The absorber painted black in order to absorb more heat and shaped finned. The heat sink was mounted on a stand and then installed a transparent glass cover. On the top of the collector, it was installed a pipe with a variation of a height (10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm and 100 cm). Data retrieval was collected outdoors. It was pointed out that the higher of sun light intensity, the higher of the generated wind speed. Both the efficiency of system and thermal collector were unstable..



## مستخلص البحث

ساري، لستاريانديرا. 2016. تصميم *Solar Chimney* لأداة تحويل الطاقة الشمسية الكائن الطاقة الميكانيكية مع جامعي الزعانف بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا في جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: فارس سامسوحانتنو، الماجستير والدكتور اكوس موليونو، الماجستير

الكلمات البحث: للجامع، الطاقة الشمسية، *Solar Chimney*

واحدة من الطاقة المتجددة التي تتسم بالكفاءة هي *Solar Chimney*، رخيص ايضا، ولا يسبب التلوث. حيث لتسخير الطاقة الشمسية كمصدر للطاقة الأولية. وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد أداء جامع الزعانف لدوران التوربين، لتحديد تأثير التغيرات في ارتفاع المدخنة *chimney* (الأنابيب) لسرعة الرياح المتولدة عن تصميم أداة، ومعرفة كفاءة كبيرة للجامع والنظام التي تنتجها تصميم هذه الأداة. يرصد هذه الأداة مع مقسمة إلى ثلاثة أجزاء، وهي: غطاء شفاف، بالوعة الحرارة (*absorber*) والعازلة. يرصد العازلة من الألمنيوم الذي هو على شكل هرم. لامتصاص الحرارة مطلية باللون الأسود وذلك لاستيعاب المزيد من الحرارة والزعانف على شكل الزعانف. ثم يتم تركيب المشنتت الحراري في حامل والتي شنت عليها كغطاء الزجاج الشفاف. والجزء العلوي من الأنبوب مزودة الاختلاف من ارتفاع 10 سنتيمتر، 30 سنتيمتر، 50 سنتيمتر، 70 سنتيمتر، 70 سنتيمتر و 100 سنتيمتر. ويتم استرجاع البيانات في الهواء الطلق. نتائج هذه الدراسة هي أعلى الأنبوب (*chimney*)، ثم ينتج سرعة الرياح أكبر. كفاءة التي الناتجة التغيرات متقلبة. حيث زيادة وخفض قيمة الكفاءة

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi merupakan suatu kebutuhan utama bagi makhluk hidup, terutama manusia. Bila dilihat dari sumber energi yang digunakan sekarang, banyak yang berasal dari sumber energi yang tak terbarukan, seperti fosil. Dimana suatu saat akan habis, entah 100 atau 200 tahun lagi. Hal ini diakibatkan oleh bertambahnya populasi manusia, maka tingkat konsumsi akan energi juga akan bertambah. Diketahui bahwa prosentase energi nasional pada tahun 2025 diperkirakan penggunaan batu bara adalah 32,7%; gas bumi 30,6%; minyak 26,2%; PLTA 2,4%; panas bumi 3,8%; dan energi terbarukan 4,4%. Karena penggunaan batu bara, gas bumi, dan minyak yang merupakan energi tak terbarukan terlalu besar, maka semakin lama akan habis. Dan penggunaan energi terbarukan juga masih sedikit, maka diperlukannya pengembangan energi terbarukan tersebut.

Banyak energi terbarukan yang sudah dikembangkan di Indonesia, seperti PLTMH 0,216%; biofuel 1,335%; tenaga surya 0,020%; tenaga angin 0,028%; biomassa 0,766%; dan nuklir 1,993%.

Dengan adanya kenyataan di atas, maka diperlukannya suatu upaya untuk mencari suatu sumber energi yang terbarukan, efisien, dan menghasilkan jumlah energi yang besar. Hal inilah kenapa dibutuhkan pengembangan tenaga surya sebagai sumber energi alternatif, karena penggunaannya masih sedikit.

Alam semesta merupakan hadiah yang besar yang diberikan Sang Pencipta kepada umat manusia. Banyak bagian dari alam yang dapat difungsikan dan

bermanfaat bagi kelangsungan hidup manusia. Salah satu bagian dari alam yang banyak digunakan adalah sumber energi matahari. Diketahui bahwa Indonesia merupakan salah satu negara yang terus menerus disinari matahari sepanjang tahun. Hal inilah yang menjadikan Indonesia berpotensi untuk mengembangkan energi alternatif.

Sinar matahari sangat bermanfaat pada makhluk hidup, sinarnya yang mula-mula hangat pada pagi hari, panas pada siang hari dan hangat kembali pada sore hari. Allah menjelaskan dengan rinci bagi orang-orang yang mengetahui, bila akal dipotensialkan untuk berfikir, maka kita akan tahu seberapa besar manfaat dari ciptaan Allah tersebut. Dalam al-Quran Allah berfirman:

وَالشَّمْسُ وَضُحَاهَا ۝

*“Demi matahari dan cahayanya di pagi hari.”* (Q.S. asy-Syam: 1)

Ayat di atas sudah menjelaskan bahwa matahari memiliki cahaya, dan cahayanya memiliki energi panas. Matahari merupakan sumber energi panas terbesar di bumi. Cahayanya bermuatan milyaran tegangan listrik karena itulah manusia tidak membutuhkan cahaya listrik (pada waktu siang hari).

Diketahui bahwa Indonesia terletak pada lintang khatulistiwa, selain itu Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki banyak potensi untuk dikembangkan. Salah satu potensi yang dapat dikembangkan di Indonesia adalah dengan memanfaatkan sumber energi matahari.

Apalagi di Indonesia ini, dimana sinar matahari memancar terus sepanjang tahun. Tentunya hal tersebut adalah peluang untuk mengembangkan potensi dari sumber energi matahari tersebut

Sumber energi matahari dapat dikembangkan menjadi energi alternatif yang tidak polusi, tidak akan habis dan ramah lingkungan. Sumber energi matahari dapat diproduksi sebagai pembangkit listrik yang *continue*. Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi matahari, salah satunya adalah dengan membuat *Solar Chimney*.

*Solar Chimney* merupakan suatu sistem yang kegunaannya untuk mengubah energi matahari menjadi angin. Yang mana dapat memberikan udara segar pada bangunan sebagai ventilasi secara alami. Selain itu, juga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Sistem yang digunakan pada *Solar Chimney* ini adalah kolektor surya.

Kolektor surya ini akan menangkap radiasi dengan *absorber* sehingga udara yang mengalir dipermukaannya akan panas. Pada kondisi panas ini, secara alamiah akan mengalirkan panas dari tempat bertemperatur tinggi ke tempat bertemperatur rendah, hingga tercapainya kesetimbangan termal. Proses perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Sehingga jika kita merencanakan sebuah alat untuk mentransfer energi misalkan turbin yang berputar tentu dapat merubahnya menjadi energi putaran.

Kolektor yang digunakan adalah kolektor bersirip, yang mana dapat menyimpan panas lebih banyak. Pada dasarnya penggunaan kolektor bersirip adalah untuk penambahan luas bidang perpindahan panas dengan bahan yang

mempunyai konduktivitas yang tinggi. Penggunaan kolektor bersirip untuk pembangkit listrik ini juga belum banyak dilakukan.

Oleh karena itu, perlu dilakukannya suatu penelitian untuk mengetahui seberapa efisien jika menggunakan sumber energi matahari yang dikonversi menjadi energi mekanik, yang mana dapat menghasilkan energi listrik. Mengingat juga, dimana negara Indonesia adalah negara kepulauan yang mana masih banyak pulau-pulau terpencil yang membutuhkan energi listrik. Selain itu untuk mengurangi ketergantungan teknologi dari negara lain.

Penelitian sebelumnya, yaitu dengan judul “Rancang Bangun Konversi Energi Surya Menjadi Energi Listrik Dengan Model *Elevated Tower*” yang dikerjakan oleh Zainul Hasan pada tahun 2011 lalu, dimana rancangan alatnya dengan menggunakan kolektor plat datar. Penelitian ini dilakukan di dua ruangan, yaitu ruangan terbuka dan tertutup. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi kolektor serta untuk mengetahui efisiensi sistem alat konversi tersebut. Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa, efisiensi panas pada kolektor tidak konstan. Efisiensi kolektor tertinggi mencapai 83,92% sedangkan terendah mencapai 22,55% dengan rata-ratasebesar 57%. Dan efisiensi sistem dari alat konversi tersebut tertinggi mencapai 0,01% sedangkan terendah mencapai 0,0022% dengan rata-rata efisiensi sebesar 0,0053%. Adapun daya listrik yang dihasilkan mencapai 72,469mW.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut maka masalah dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah unjuk kerja kolektor bersirip terhadap perputaran turbin?
2. Bagaimanakah hubungan antara intensitas dengan kecepatan angin yang dihasilkan oleh rancangan alat tersebut?
3. Bagaimanakah hubungan antara ketinggian *chimney* (pipa) dengan efisiensi alat tersebut?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah:

1. Untuk mengetahui unjuk kerja kolektor bersirip terhadap perputaran turbin.
2. Untuk mengetahui hubungan antara intensitas dengan kecepatan angin yang dihasilkan oleh rancangan alat tersebut.
3. Untuk mengetahui hubungan antara ketinggian *chimney* (pipa) dengan efisiensi alat tersebut.

## 1.4 Batasan Masalah

1. Alat konversi energi matahari ke energi mekanik dirancang dalam skala kecil untuk tahap pengujian.
2. Menggunakan kolektor kaca dan absorber dari aluminium yang dibentuk bersirip dan dicat hitam.
3. Menggunakan pipa paralon.

### 1.5 Manfaat

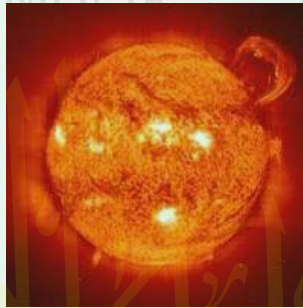
1. Sebagai informasi bahwa salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah bersumber dari energi matahari.
2. Untuk mengurangi penggunaan energi yang tak terbarukan, seperti fosil.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Matahari

Matahari merupakan salah satu bintang yang ada di jagad raya ini. Matahari adalah bintang yang paling dekat dengan bumi. Matahari memiliki jarak 150 juta km dari bumi, dan dia menyediakan energi yang dibutuhkan oleh kehidupan di bumi ini secara terus-menerus.



Gambar 2.1 Matahari (NASA, 2016)

Matahari dalam Bahasa Arab adalah الشمس. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia matahari diartikan sebagai suatu benda angkasa yang menjadi pusat tata surya yang berisi gas dan mendatangkan terang dan panas pada bumi saat siang hari. Berbicara mengenai matahari sebagai sumber utama panas, dapat dilihat pada firman Allah yang berbunyi:

تَبَارَكَ الَّذِي جَعَلَ فِي السَّمَاءِ بُرُوجًا وَجَعَلَ فِيهَا سِرَاجًا وَقَمَرًا مُنِيرًا ٦١

*“Maha Suci Allah yang menjadikan di langit gugusan-gugusan bintang dan Dia menjadikan juga padanya matahari dan bulan yang bercahaya”* (Q.S. al-Furqon: 61).



Pada pusat benda angkasa yang berenergi sangat besar ini, atom hidrogen terus-menerus berubah menjadi helium. Setiap detik 616 miliar ton hidrogen berubah menjadi 612 miliar ton helium. Selama sedetik itu, energi yang dihasilkan sebanding dengan ledakan 500 juta bom atom. Selain itu matahari dianggap benda hitam yang berpijar pada temperatur 6000 kelvin dan energi yang dipancarkannya berupa gelombang elektromagnetik yang menyebar ke segala arah. Karena benda hitam pada temperatur tertentu dapat mengemisikan radiasi dalam jumlah maksimum dan mencakup semua panjang gelombang, maka spektrum sinar matahari merupakan spektrum yang komplit. Sesuai dengan kaidah hukum Wien energi maksimum untuk temperatur 6000 kelvin adalah 0,483 mikrometer (Mulyono & Abtokhi, 2006: 48).

Matahari memancarkan cahaya sebagai gelombang elektromagnetik. Cahaya selalu bergerak dan tidak akan diam, dalam perambatannya tidak memerlukan zat perantara sehingga dapat menembus ruang angkasa yang vakum. Cahaya ini merupakan kepunyaan Allah yang diberikan kepada alam semesta termasuk didalamnya manusia. Para ahli fisika menguji teori cahaya secara eksperimental dan matematis dengan menerangkan bahwa cahaya merupakan kumpulan besar partikel cahaya. Cahaya adalah suatu bentuk energi dan mirip dengan panas. Hal inilah yang membedakan antara matahari dan bulan. Dalam Al-Qur'an Allah berfirman:

وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيهِنَّ نُورًا وَجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا ۝ ١٦

*“Dan Allah menciptakan padanya bulan sebagai cahaya dan menjadikan matahari sebagai pelita” (Q.S. Nuh: 16).*

Dan dalam surat an-Naba' ayat 13 yang berbunyi:

وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَهَاجًا ۝۱۳

*“Dan Kami jadikan pelita yang amat terang (matahari)”* (Q.S. an-Naba': 13).

Firman Allah yang menyatakan bahwa matahari diciptakan sebagai pelita seperti yang disebutkan dalam dua ayat diatas, berarti di permukaan matahari terdapat sumber energi yang dapat dibakar (dinyalakan) sehingga energinya dapat dikirim sampai ke bumi (Wardhana, 2004: 102).

Matahari merupakan benda langit yang berbentuk bola gas pijar yang maha besar, yang menyala, dan amat panas, panasnya dapat mencapai 15 juta derajat celcius. Diameter matahari kira-kira 1,4 miliar km atau lebih dari 109 kali diameter bumi. Dan massa matahari sekitar 333.429 kali massa bumi. Akibat massanya yang besar itu, maka matahari memiliki suatu tarikan gravitasi yang mencapai 28 kali lebih kuat dari bumi (Dyayadi, 2008: 238).

Matahari tidaklah diam, melainkan bergerak dalam garis edar tertentu. Matahari bergerak sejauh kurang lebih 17.280.000 km dalam sehari. Semua planet dan satelit dalam sistem gravitasi matahari juga berjalan menempuh jarak ini.

Dalam Al-Qur'an Allah SWT berfirman:

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ كُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ ۝۳۳

*“Dan Dialah yang telah menciptakan malam dan siang, matahari dan bulan. Masing-masing dari keduanya itu beredar di dalam garis edarnya”* (Q.S. al-Anbiya': 33).

Beberapa pendapat mengatakan bahwa bumi itu mengelilingi matahari, akan tetapi kenyataannya bahwa mataharilah yang mengelilingi bumi. Dalam al-Qur'an Allah berfirman:

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ٣٨

“Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui” (Q.S. Yasin: 38).

Kata *تَجْرِي* merupakan *fi'il mudāri'*, yang artinya pergi, berjalan, beredar, atau mengalir. Karena disini subjeknya adalah matahari, maka maknanya yang tepat adalah beredar, dalam arti bahwa matahari itu beredar menuju tempat pemberhatiannya. Matahari yang merupakan sebuah bintang yang besar yang bertetangga dengan planet bumi tidaklah berdiam saja di suatu tempat melainkan bergerak dan beredar pada garis edarnya (Al-Damashqiy, 2004: 646).

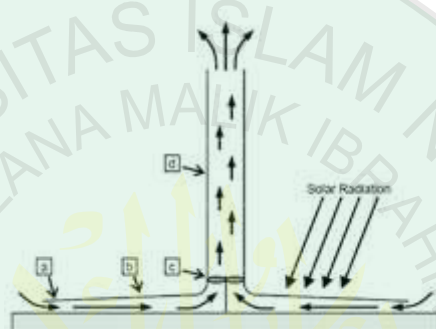
Sejak dahulu energi matahari sudah dimanfaatkan oleh manusia, akan tetapi pemanfaatannya masih bersifat tradisional. Pemanfaatan energi panas matahari untuk diubah menjadi energi listrik, dimulai setelah ditemukannya kristal silikon dan cadmium sulfida yang berfungsi sebagai “photo voltaic cells” atau lebih dikenal dengan “solar cell.” Tenaga listrik yang dihasilkan oleh setiap kristal ternyata hanya sekitar 18 % dari energi panas matahari yang masuk (Wardhana, 2004: 147).

## 2.2 Solar Chimney

*Solar Chimney* merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk mengubah radiasi panas menjadi udara. *Solar Chimney* terbagi menjadi tiga bagian, yaitu: kolektor, turbin, dan *chimney*. Kolektor merupakan bagian yang digunakan untuk

memproduksi udara panas. Turbin digunakan untuk mengubah udara menjadi energi mekanik. Sedangkan *chimney* merupakan tabung yang mana dapat menjaga kecepatan angin yang dihasilkan oleh turbin agar tidak cepat hilang, sehingga daya yang dihasilkan akan semakin besar.

### 2.2.1 Prinsip *Solar Chimney*



Gambar 2.2 Prinsip Kerja *Solar Chimney* (Rosa & Sukma, 2012)

Sebuah radiasi surya mengenai sistem kolektor, maka pada plat absorber menyerap radiasi surya yang jatuh ke permukaan dan dikonversikan dalam bentuk panas, sehingga temperatur plat tersebut menjadi naik. Panas dipindahkan pada fluida kerja pada plat absorber. Karena adanya perbedaan temperatur, terjadilah aliran udara secara alamiah, dari udara bertemperatur tinggi ke udara bertemperatur rendah (Rosa & Sukma, 2012).

Pada gambar 2.2 di atas dapat dijelaskan sebagai berikut, pada poin (a) udara masuk ke sistem *solar chimney*, pada poin (b) udara menjadi panas, sehingga terjadi aliran udara karena perbedaan density, dan kemudian poin (c) aliran udara dihambat oleh sebuah turbin, kemudian mengubah turbin menjadi energi mekanik. Selanjutnya udara keluar ke poin (d) (Rosa & Sukma, 2012).

### 2.3 Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu sumber energi yang tersedia secara bebas di seluruh dunia. Masyarakat bisa merasakan dan memanfaatkannya setiap hari. Selain itu, energi surya juga dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi alternatif, salah satunya menggunakan energi surya untuk menghasilkan listrik ataupun membuat sistem pemanas (Hasan, 2012).

Energi surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas foton atau partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Energi surya yang sampai pada permukaan bumi disebut sebagai radiasi surya global yang diukur dengan kepadatan daya pada permukaan daerah penerima. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya (Hasan, 2012).

Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4-5 jam per hari. Produksi energi surya pada suatu daerah dapat dihitung sebagai berikut (Hasan, 2012):

$$E = I \times A \quad (2.1)$$

dimana,

E = Energi surya yang dihasilkan (W)

I = Isolasi/Intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam (W/m)

A = Luas area (m<sup>2</sup>)

### 2.3.1 Radiasi Surya

Sinar matahari yang berupa gelombang elektromagnetik pendek menuju atmosfer dianggap 100% sampai ke permukaan lapisan atmosfer. Tetapi radiasi ini tidak bisa diteruskan keseluruhannya karena ada pantulan yang terjadi dan besarnya pantulan 31%. Berarti radiasi yang dapat diteruskan ke daerah atmosfer hanya 69%. Dari jumlah ini akan diserap oleh udara keliling atmosfer sebesar 17,4% dan pantulan permukaan bumi sebesar 4,3% sehingga sampai ke permukaan bumi tinggal 47,326% (Sitorus, 2010).

Radiasi surya yang telah diterima oleh permukaan bumi tergantung pada hal-hal berikut: posisi surya, lokasi permukaan, hari dalam tahun, keadaan cuaca, dan kemiringan permukaan. Besarnya radiasi langsung yang diterima dari matahari yaitu (Rosa & Sukma, 2012):

$$I_{DN} = \frac{A}{B \sin \beta} \quad (2.2)$$

dengan,

A = iradiasi nyata surya,  $W/m^2$

B = koefisien pemandangan atmosfer, tak berdimensi

Radiasi yang diterima langsung dari surya disebut radiasi langsung, sedangkan yang diterima setelah melewati rintangan disebut dengan radiasi difusi. Intensitas radiasi surya total pada sebuah kolektor adalah (Rosa & Sukma, 2012):

$$I_{i0} = I_{DN} \cos \theta + I_{DS} + I_r \quad (2.3)$$

dimana  $I_{i0}$ ,  $I_{DN}$ ,  $I_{DS}$  dan  $I_r$  berturut-turut adalah total radiasi matahari pada suatu permukaan, komponen radiasi langsung, radiasi difusi dan radiasi gelombang

pendek yang dipantulkan oleh permukaan lain. Semua variabel dalam satuan  $W/m^2$ .

Harga dari komponen radiasi difusi (Rosa & Sukma, 2012):

$$I_{DS} = C \cdot I_{DN} \cdot F_{SS} \quad (2.4)$$

dimana C dan  $F_{SS}$  adalah masing-masing angka perbandingan antara radiasi surya difusi dengan radiasi surya langsung yang jatuh pada permukaan horizontal dan faktor sudut antara permukaan dan langit. Untuk mencari harga  $F_{SS}$  dirumuskan (Rosa & Sukma, 2012):

$$F_{SS} = \frac{1 + \cos \beta_2}{2} \quad (2.5)$$

dimana  $\beta_2$  adalah sudut kemiringan permukaan terhadap bidang datar di bumi. Dalam perhitungan biasanya komponen  $I_r$  bukanlah komponen utama.

Radiasi yang jatuh pada permukaan material pada umumnya akan mengalami refleksi, *absorps*, dan transmisi. Dari tiga proses ini maka material akan memiliki reflektivitas ( $\rho$ ), adsorbsivitas ( $\alpha$ ), dan transmisivitas ( $\tau$ ). Secara sederhana dapat ditulis (Ashrae dalam Sitorus, 2010):

$$\tau + \rho + \alpha = 1 \quad (2.6)$$

Refleksi adalah pemantulan dari sebagian radiasi tersebut. Refleksi tergantung pada harga indeks bias dan sudut datang radiasi. Koefisien Reflektivitas adalah rasio antara radiasi yang dipantulkan dengan radiasi yang terjadi (Rosa & Sukma, 2012):

$$\rho_\lambda = \frac{I_{\lambda ref}}{I_{\lambda tot}} \quad (2.7)$$

Transmisi memberikan nilai besar radiasi yang dapat diteruskan oleh suatu lapisan permukaan. Koefisien Transmisivitas adalah rasio antara kemampuan suatu material untuk meneruskan radiasi matahari yang terjadi dengan total yang terjadi (Rosa & Sukma, 2012):

$$\tau_{\lambda} = \frac{I_{\lambda trans}}{I_{\lambda tot}} \quad (2.8)$$

Kemampuan penyerapan (Absorbsivitas) dari suatu permukaan merupakan hal yang penting dalam pemanfaatan radiasi seperti pada pemanfaatan radiasi surya. Harga absorbsivitas berlainan untuk sudut datang radiasi yang berlainan. Menurut *British Building Research* untuk sudut datang dibawah  $75^{\circ}$  harga absorbsivitas terletak antara 0,8 sampai 0,9 dari absorbsivitas yang dimiliki oleh suatu benda. Absorbsivitas memberikan nilai besarnya radiasi yang dapat diserap. Misalnya pada bagian absorber pada sebuah pengumpul radiasi surya (Sitorus, 2010).

Absorbsivitas yaitu kemampuan suatu material untuk menyerap beberapa bagian dari total radiasi yang terjadi pada permukaan material (Rosa & Sukma, 2012):

$$\alpha_{\lambda} = \frac{I_{\lambda absorp}}{I_{\lambda tot}} \quad (2.9)$$

#### a. Intensitas Radiasi Pada Bidang Miring

Radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bidang miring dengan sudut kemiringan  $\beta$ ,  $H_t$  bisa dihitung sebagai (Cao dalam Hasan, 2012):

$$H_t = H_{t,b} + H_{t,d} + H_{t,r} \quad (2.10)$$

Sedangkan, radiasi matahari pada permukaan horizontal (Cao dalam hasan, 2012):



$$H_t = H_b + H_d \quad (2.11)$$

Dimana  $H$  adalah radiasi melambung total pada permukaan horizontal,  $H_{t,b}$  adalah radiasi matahari bare,  $H_{t,d}$  adalah radiasi matahari menyebar dan  $H_{t,r}$  adalah radiasi matahari yang dipantulkan. Mereka bisa dihitung oleh tiga persamaan berikut (Cao dalam Hasan, 2012):

$$H_{t,b} = H_b R_b \quad (2.12)$$

$$H_{t,d} = H_d R_d \quad (2.13)$$

$$H_{t,r} = ref H R_r \quad (2.14)$$

Dimana  $H_b$  adalah radiasi bare total pada permukaan horizontal,  $H_d$  adalah radiasi tersebar total pada permukaan horizontal,  $ref$  adalah reflektansi tanah. Menurut literatur Muncer itu,  $ref$  adalah 0,25. Dan  $R_b$ ,  $R_d$ , dan  $R_r$  adalah koefisien. Semua dapat dihitung dalam persamaan berikut (Duffie dalam Hasan, 2012):

$$R_b = \frac{\cos(\phi+\beta)\cos\delta\sin\omega_s + \left(\frac{\pi}{180}\right)\omega_s\sin(\phi+\beta)\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + \left(\frac{\pi}{180}\right)\omega_s\sin\phi\sin\delta} \quad (2.15)$$

$$R_d = \frac{H_b}{H_0} R_b + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{H_b}{H_0}\right) (1 + \cos\beta) \quad (2.16)$$

$$R_r = \frac{1 + \cos\beta}{z} \quad (2.17)$$

Dimana  $\delta$  adalah sudut deklinasi,  $\phi$  sudut garis lintang,  $\beta$  adalah sudut kemiringan kolektor dan  $\omega$ : sudut jam.

Radiasi total pada permukaan miring akhirnya dapat dinyatakan sebagai berikut (Cao dalam Hasan, 2012):

$$H_t = H_b R_b + H_d \left[ \frac{H_b}{H_0} R_b + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{H_b}{H_0}\right) (1 + \cos\beta) \right] + \frac{1}{2} ref H (1 - \cos\beta) \quad (2.18)$$

Sinar matahari melalu kaca mentransmisikan dan memanaskan udara dan panas kekurangan lapisan bawah kaca. Jadi,  $H_t$  insiden dapat dibagi menjadi tiga bagian: radiasi yang dipantulkan  $H_{ref}$ , radiasi yang mentransmisikan melalui  $H_1$  kaca dan radiasi yang diserap oleh  $H_2$  kaca.

$$H_t = H_{ref} + H_1 + H_2 \quad (2.19)$$

$H_{ref}$  bisa dihitung dengan persamaan (2.13), dan  $H_1$  dan  $H_2$  bisa dihitung oleh persamaan berikut (Cao dalam Hasan, 2012):

$$H_1 = H_b R_b (\tau\alpha)_b + H_b \left[ \frac{H_b}{H_0} R_b + \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{H_b}{H_0} \right) (1 + \cos\beta) \right] (\tau\alpha)_d \quad (2.20)$$

$$H_2 = H_b R_b (\alpha)_b + H_d \left[ \frac{H_b}{H_0} R_b + \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{H_b}{H_0} \right) (1 + \cos\beta) \right] (\alpha)_d + \frac{1}{2} \rho H (1 - \cos\beta) \alpha_r \quad (2.21)$$

Dimana  $\alpha$  adalah tingkat penyerapan,  $\tau$  adalah rasio transmitansi dari penutup kaca dan  $(\tau\alpha)$  adalah tingkat penyerapan selama proses transmisi yang terkait dengan materi (Cao dalam Hasan, 2012).

### 2.3.2 Deklinasi Matahari

Deklinasi matahari adalah sudut yang terbentuk antara sinar datang matahari dengan garis tegak lurus terhadap sumbu polar dalam bidang matahari. Dengan mengetahui deklinasi matahari maka posisi orbit bumi dapat ditentukan. The American Ephemeris and Naval Almanac merumuskan: (Rosa & Sukma, 2012)

$$\delta = 23,45 \sin \left( \frac{360}{365}(284+n) \right) \quad (2.22)$$

dimana: n = hari ke berapa dihitung dari tanggal 1 Januari



Gambar 2.3 Deklinasi Matahari (Rosa & Sukma, 2012)

Pada gambar dapat ditentukan sudut jam siang matahari (Rosa & Sukma, 2012):

$$\cos \omega_z = \pm \tan \Phi \cdot \tan \delta \quad (2.23)$$

Untuk matahari terbit berharga positif dan terbenam berharga negatif.

## 2.4 Kolektor Surya

Kolektor surya dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas

tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya. Besarnya panas dari kolektor yang akan dapat dimanfaatkan adalah (Wilis, 2013):

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (2.24)$$

Dimana,

$Q_u$  = energi panas untuk menaikkan temperatur (J)

$\dot{m}$  = massa laju aliran fluida yang masuk ke kolektor (kg/s)

$C_p$  = panas jenis udara (J/(kg.K))

$\Delta T$  = selisih antara temperatur udara yang masuk ke kolektor dengan temperatur udara yang keluar dari kolektor

Nilai  $\dot{m}$  dapat dihitung dengan (Pinantun, 2014):

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (2.25)$$

Dimana,

$\rho$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

$v$  = kecepatan aliran udara (m/s)

$A$  = luas penampang absorber yang dilalui udara (m<sup>2</sup>)

#### 2.4.1 Kolektor Surya Tipe Plat Datar

Kolektor surya tipe plat datar adalah tipe kolektor surya yang dapat menyerap energi matahari dari sudut kemiringan tertentu sehingga pada proses penggunaannya dapat lebih mudah dan lebih sederhana (Wirawan, 2008).

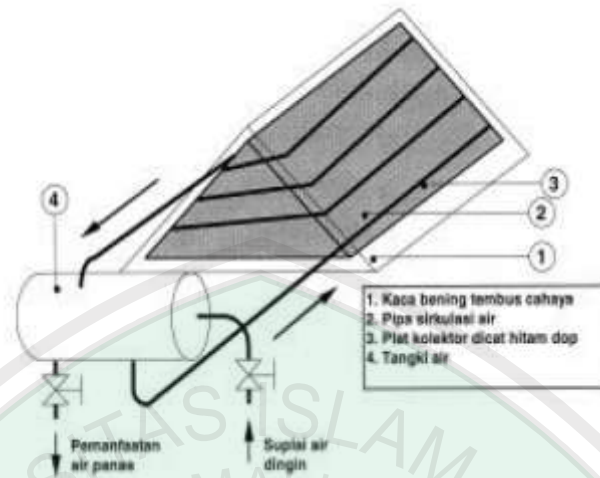
Keuntungan utama dari sebuah kolektor surya plat datar adalah bahwa memanfaatkan kedua komponen radiasi matahari yaitu melalui sorotan langsung

dan sebaran, tidak memerlukan tracking matahari dan juga karena desainnya yang sederhana, hanya sedikit memerlukan perawatan dan biaya pembuatan yang murah (Wirawan, 2008).

Tipe ini dirancang untuk aplikasi yang membutuhkan energi panas pada temperatur di bawah 100 °C. Spesifikasi tipe ini dapat dilihat dari absorber-nya yang berupa plat datar yang terbuat dari material dengan konduktivitas termal tinggi, dan dilapisi dengan cat berwarna hitam. Kolektor pelat datar memanfaatkan radiasi matahari langsung dan terpencar ( *beam* dan *diffuse* ), tidak membutuhkan pelacak matahari, dan hanya membutuhkan sedikit perawatan (Wirawan, 2008).

#### **2.4.2 Kolektor Surya Tipe Prismatik**

Kolektor surya tipe prismatik adalah kolektor surya yang dapat menerima energi radiasi dari segala posisi matahari kolektor jenis ini juga dapat digolongkan dalam kolektor plat datar dengan permukaan kolektor berbentuk prisma yang tersusun dari empat bidang yang berbentuk prisma, dua bidang berbentuk segitiga sama kaki dan dua bidang berbentuk segi empat siku-siku, sehingga dapat lebih optimal proses penyerapan tipe kolektor jenis prismatik ini dapat dilihat seperti gambar 2.4 berikut (Wirawan, 2008).



Gambar 2.4 Kolektor Tipe Prismatik (Wirawan, 2008)

## 2.5 Efisiensi Kolektor Surya

Efisiensi kolektor merupakan perbandingan panas yang diserap oleh fluida dan intensitas matahari yang mengenai kolektor. Performansi dari kolektor dapat dinyatakan dengan efisiensinya (Wirawan, 2008).

### 2.5.1 Efisiensi Termal

Efisiensi termal kolektor ditentukan oleh besarnya panas yang diterima kolektor sebesar ( $Q_{in}$ ) terhadap panas yang dimanfaatkan ( $Q_u$ ), maka efisiensi kolektor adalah (Wilis, 2014):

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{in}} = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T}{I \times A_{kol}} \quad (2.26)$$

Dimana,

$\eta$  = Efisiensi thermal kolektor(%)

$I$  = Intensitas cahaya yang masuk kolektor( $W/m^2$ )

$A_{kol}$  = Luas kolektor( $m^2$ )

### 2.5.2 Efisiensi Sistem

Chimney merupakan bagian mesin pada alat pengonversi energi surya menjadi energi mekanik. Tekanan yang dihasilkan oleh *chimney* digunakan dalam tiga bagian: rugi-rugi yang hilang dalam kolektor dan *chimney*  $\Delta P_f$ , energi kinetik yang hilang pada keluaran *chimney*  $\Delta P_{KE}$ , dan energi kinetik yang digunakan untuk menghentikan turbin  $\Delta P_t$ .

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_f + \Delta P_{KE} + \Delta P_t \quad (2.27)$$

Dimana  $\Delta P_f$  dan  $\Delta P_{KE}$  dapat dihitung menurut prinsip hidrodinamika sebagai (Cao, 2011: 2362):

$$\Delta P_f = f \frac{L_{th}}{D} \frac{1}{2} \rho_{avr} v_{avr}^2 \quad (2.28)$$

$$\Delta P_{KE} = \frac{1}{2} \rho_{chi} v_{chi}^2 \quad (2.29)$$

Dimana  $L_{th}$  adalah panjang dari kolektor,  $f$  adalah rugi-rugi yang hilang,  $\rho_{avr}$  adalah kerapatan aliran udara rata-rata,  $v_{avr}^2$  adalah kecepatan udara rata-rata,  $v_{chi}^2$  adalah kecepatan aliran udara yang keluar dari *chimney*, dan  $\rho_{chi}$  adalah kerapatan aliran udara pada keluaran *chimney*.

Rugi-rugi dalam kolektor diabaikan dalam kajian ini, sehingga persamaan (2.16) dapat ditulis (Cao, 2011: 263):

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_{KE} + \Delta P_t \quad (2.30)$$

Tekanan meningkat karena kerapatan udara berbeda antara inlet dan outlet dalam *chimney* dapat dihitung sebagai berikut (Cao dalam Hasan, 2012):

$$\Delta P = \int_{inlet}^{outlet} g (\rho_a - \rho(z)) dz \quad (2.31)$$

Dimana  $\rho_a$  adalah kerapatan udara lingkungan.

Untuk *chimney* adiabatik dengan menggabungkan persamaan (2.20) akan menghasilkan persamaan sebagai berikut (Cao, 2011: 2363):

$$\Delta P_{tot} = (\rho_a - \rho_0) g H_{chi} \quad (2.32)$$

Kita asumsikan variasi kerapatan udara adalah linier antara kolektor inlet dan outlet. Menurut teori fisika dan matematika, tekanan yang akan dihasilkan oleh kolektor dan *chimney* adalah (Hasan, 2012):

$$\Delta P_{col} = \frac{(\rho_a - \rho_f)}{2} g H_{col} \quad (2.33)$$

$$\Delta P_{chi} = (\rho_0 - \rho_f) g H_{chi} \quad (2.34)$$

Dimana  $\rho_f$  adalah kerapatan udara rata-rata dalam kolektor.  $H_{chi}$  adalah ketinggian *chimney*,  $\Delta P_{chi}$  dan  $\Delta P_{col}$  adalah tekanan yang dihasilkan oleh kolektor dan *chimney* secara terpisah.

Sehingga tekanan total dari gaya apung dapat dituliskan (Cao, 2012: 2363):

$$\begin{aligned} \Delta P_{tot} &= \Delta P_{KE} + \Delta P_t = \frac{1}{2} \rho_{chi} v_{chi}^2 + \Delta P_t = \Delta P_{col} + \Delta P_{chi} \\ &= (\rho_0 - \rho_f) g \left( H_{chi} + \frac{1}{2} H_{col} \right) \end{aligned} \quad (2.35)$$

Daya listrik yang dihasilkan oleh turbin (Hasan, 2012):

$$P_{ele} = \eta_t \Delta P_t V_{out} A_{chi} \quad (2.36)$$

Dimana  $\eta_t$  adalah efisiensi turbin,  $V_{out}$  adalah kecepatan aliran udara pada keluaran kolektor surya (m/s), dan  $A_{chi}$  adalah luasan cerobong (m<sup>2</sup>).

## 2.6 Fluida



Fluida merupakan zat yang bisa mengalir, yang mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Tahanan fluida sangat kecil, hingga dapat dengan mudah mengikuti bentuk ruangan atau tempat yang membatasinya. Fluida dibedakan atas zat cair dan gas. Sifat umum dari zat cair dan gas adalah tidak melawan perubahan bentuk dan tidak mengadakan reaksi terhadap gaya geser. Perbedaan antara zat cair dan gas yaitu:

1. Zat cair mempunyai muka air bebas, maka masa zat cair hanya akan mengisi volume yang diperlukan dalam suatu ruangan. Sedangkan gas tidak mempunyai permukaan bebas dan massanya akan mengisi seluruh ruangan.
2. Zat cair merupakan zat yang tidak dapat dimampatkan, sedangkan gas adalah zat yang bisa dimampatkan.

Fluida atau zat cair (termasuk uap air dan gas) dibedakan dari benda padat karena kemampuannya untuk mengalir. Fluida lebih mudah mengalir karena ikatan molekul dalam fluida jauh lebih kecil dari ikatan molekul dalam zat padat, akibatnya fluida mempunyai hambatan yang relatif kecil pada perubahan bentuk karena gesekan. Zat padat mempertahankan suatu bentuk dan ukuran yang tetap, sekalipun suatu gaya yang besar diberikan pada zat padat tersebut, zat padat tidak mudah berubah bentuk maupun volumenya, sedangkan zat cair mengikuti bentuk wadahnya dan volumenya dapat berubah. Dan gas tidak mempunyai bentuk maupun volume yang tetap. Gas akan berkembang mengisi seluruh wadah. Karena fase cair dan gas tidak mempertahankan suatu bentuk yang tetap,

keduanya mempunyai kemampuan untuk mengalir, dengan demikian keduanya sering secara disebut sebagai fluida kolektif (Harinaldi, 2003).

## 2.7 Perpindahan Panas

Bila dua benda atau lebih terjadi kontak termal, maka akan terjadi aliran kalor. Dari benda yang bertemperatur tinggi, ke benda yang bertemperatur rendah. Terdapat tiga proses perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

### 2.7.1 Konduksi

Konduksi merupakan proses perpindahan panas yang mengalir dari benda yang bertemperatur tinggi, ke benda yang bertemperatur rendah, dengan benda dalam keadaan diam. Perpindahan panas konduksi, dipengaruhi oleh konduktivitas termal bahan. Berikut adalah konduktivitas termal beberapa bahan pada 0 °C (Giancoli, 2001:502):

Tabel 2.1 Konduktivitas termal untuk beberapa bahan

| Bahan               | Konduktivitas termal, $k$ |           |
|---------------------|---------------------------|-----------|
|                     | Kkal/smC                  | J/smC     |
| Perak               | $10 \times 10^{-2}$       | 420       |
| Tembaga             | $9,2 \times 10^{-2}$      | 380       |
| Aluminium           | $5,0 \times 10^{-2}$      | 202       |
| Baja                | $1,1 \times 10^{-2}$      | 40        |
| Es                  | $4 \times 10^{-2}$        | 2         |
| Gelas               | $2,0 \times 10^{-2}$      | 0,84      |
| Batu bata           | $2,0 \times 10^{-2}$      | 0,84      |
| Air                 | $1,4 \times 10^{-2}$      | 0,2       |
| Kayu                | $0,5 \times 10^{-2}$      | 0,08-0,16 |
| Isolator fiberglass | $0,2-0,4 \times 10^{-2}$  | 0,048     |
| Gabus               | $0,12 \times 10^{-2}$     | 0,042     |
| Wol                 | $0,1 \times 10^{-2}$      | 0,040     |
| Udara               | $0,055 \times 10^{-2}$    | 0,023     |

Adanya suatu gradien temperatur di dalam sebuah zat homogen akan menyebabkan laju perpindahan kalor di dalam medium tersebut yang dapat dihitung dengan rumus (Pitts & Sissom, 2011:1):

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial n} \quad (2.37)$$

dimana  $\frac{\partial T}{\partial n}$  adalah gradien temperatur ke arah normal terhadap luas A. Konduktivitas thermal  $k$  adalah konstanta eksperimental untuk medium yang terlihat dan dapat bergantung pada properti-properti lainnya, seperti temperatur dan tekanan. Tanda minus pada persamaan ke (2.37) di atas digunakan untuk menunjukkan bahwa arah perpindahan kalor bergerak dari daerah yang bertemperatur tinggi menuju daerah bertemperatur rendah.

### 2.7.2 Konveksi

Konveksi merupakan proses transfer kalor dengan pergerakan molekul dari satu tempat ke tempat yang lain. Laju perpindahan panas dapat dinyatakan dengan hukum persamaan Newton sebagai berikut (Koestur, 2002):

$$Q = h.A.(T_w - T_\infty) \quad (2.38)$$

Dimana:

$Q$  = laju perpindahan panas (Watt)

$h$  = koefisien perpindahan panas ( $w/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A$  = luasan perpindahan panas arah normal  $Q$  ( $m^2$ )

$T_w$  = temperatur permukaan benda ( $^\circ C$ )

$T_\infty$  = temperatur fluida ( $^\circ C$ )

Perpindahan kalor secara konveksi adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi kalor, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cair atau gas. Perpindahan kalor secara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida di sekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama, kalor akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel-partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel-partikel fluida tersebut. Kedua, partikel-partikel tersebut akan bergerak ke daerah suhu yang lebih rendah dimana partikel tersebut akan bercampur dengan partikel-partikel fluida lainnya (Awwaludin, 2007:9).

Perpindahan kalor secara konveksi dapat dikelompokkan menurut gerakan alirannya, yaitu konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Apabila gerakan fluida tersebut terjadi sebagai akibat dari perbedaan densitas (kerapatan) yang disebabkan oleh gradient suhu maka disebut konveksi bebas atau konveksi alamiah (*natural convection*). Bila gerakan fluida tersebut disebabkan oleh penggunaan alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa (Awwaludin, 2007:10).

### **2.7.3 Radiasi**

Radiasi adalah proses perpindahan panas dari benda bertemperatur tinggi ke benda bertemperatur rendah tanpa memerlukan zat atau benda penghubung. Panas terpancar dengan cara radiasi gelombang eletromagnetik, perpindahan secara radiasi dipengaruhi oleh (Wilis, 2014):

1. Luas permukaan benda
2. Sifat permukaan benda
3. Kedudukan atau posisi permukaan yang akan menentukan besar pancaran yang dapat diterima oleh permukaan.

Dalam termodinamika, pembangkit panas ideal atau *benda hitam* akan memancarkan energi sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak benda dan berbanding lurus dengan luas permukaan(Wilis, 2014):

$$Q_{\text{rad}} = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad (2.39)$$

Dimana,

$Q_{\text{rad}}$  = Energi radiasi yang diterima kolektor (W)

$e$  = Emisivitas

$\sigma$  = Konstanta Stefan-Boltzman ( $5,669 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$ )

$A$  = Luas permukaan ( $\text{m}^2$ )

$T$  = Suhu (K)

## 2.8 Aluminium

Aluminium adalah logam yang ringan yang cukup penting peranannya dalam kehidupan manusia. Aluminium merupakan unsur kimia golongan IIIA dalam sistem periodik unsur-unsur. Aluminium mempunyai nomor atom 13 dan

berat atom 26,9815 sma. Dalam udara bebas aluminium mudah teroksidasi membentuk lapisan tipis oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang tahan terhadap karat. Aluminium bersifat amfoter yang terkorosi dalam larutan asam maupun basa. Tetapi pada pH 4 – 8 berifat stabil. Hal ini dikarenakan lapisan pelindung logam dari proses selanjutnya (Hartomo, 1992: 153).

### **2.8.1 Sifat Kimia Aluminium**

Aluminium adalah logam amfoter, yang terkorosi dan larut dalam banyak asam dan basa, tetapi stabil pada kisaran pH 4 – 8. Hal ini disebabkan lapisan tipis oksida yang terbentuk sebagai pelindung logam aluminium dari proses korosi selanjutnya. Dalam hal pengaruh pH, basa memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap korosi aluminium dibandingkan dengan asam. Walaupun aluminium stabil dalam wilayah netral, karakteristik korosi sangat dipengaruhi oleh kondisi yang terjadi disekitarnya, sekalipun hanya dicelupkan kedalam air, seperti: suhu, kecepatan aliran air, oksigen terlarut atau berbagai jenis ion yang terlarut (Hartomo, 1992: 157).

### **2.8.2 Sifat Fisika Aluminium**

Aluminium memiliki sifat fisik yang unggul dibandingkan dengan logam yang lain, yaitu:

1. Berat jenis aluminium pada suhu kamar sekitar  $2,7 \text{ gr/cm}^3$ , berarti sepertiga dari berat jenis yaitu  $7,87 \text{ gr/cm}^3$ . Sifat ringan ini merupakan faktor yang sangat penting dalam alat-alat transformasi seperti kapal motor, kereta api dan

bidang lainnya, inilah yang menjadi alasan mengapa aluminium digunakan dalam banyak hal.

2. Anti karat dalam hal ini aluminium tidak dapat diserang oleh karat seperti yang terjadi pada logam besi atau tembaga. Aluminium tahan karat di udara terbuka karena terbentuk lapisan oksida yang tahan karat yaitu  $Al_2O_3$ .
3. Konduktivitas listrik daya hantar (konduktivitas) adalah suatu ciri khas logam. Adapun konduktivitas listrik yang dimiliki aluminium sekitar 60% lebih besar dari tembaga. Oleh karena itu untuk mengalirkan sejumlah arus listrik yang sama hanya diperlukan kira-kira 0,5 kg aluminium, sedangkan bila digunakan tembaga diperlukan 1 kg.
4. Konduktivitas panas aluminium lebih besar dari logam-logam lainnya. Oleh karena itu aluminium tidak hanya digunakan untuk peralatan pemindah panas. Pemantulan panas aluminium memiliki sifat memantulkan panas yang tinggi sesuai dengan sifatnya yang lebih baik dalam memantulkan sinar ultra ungu sampai infra merah. Oleh karena itu, maka aluminium digunakan pada alat pemanas dan alat pengering infra merah. Selain itu aluminium yang mempunyai sifat radiasi kecil digunakan juga atap-atap rumah dan bagian-bagian pengisolasi panas (Hartomo, 1992: 137-158).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang dilakukan adalah membuat rancang bangun suatu alat yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi mekanik dengan model *solar chimney* dan menggunakan kolektor bersirip.

### **3.2 Waktu Dan Tempat**

Penelitian tentang rancang bangun *solar chimney* sebagai alat pengonversi energi surya menjadi energi mekanik dengan menggunakan kolektor bersirip ini, telah dilaksanakan pada Bulan Februari di Laboratorium Elektronika Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### **3.3 Alat Dan Bahan**

Pada penelitian rancang bangun *solar chimney* sebagai alat pengonversi energi surya menjadi energi mekanik dengan menggunakan kolektor bersirip ini, diperlukan beberapa alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah:

1. Aluminium
2. Kaca
3. Pipa 10 cm, 30 cm, 50 cm, 70 cm dan 100 cm
4. Sterofom
5. Cat hitam



6. Lem kaca
7. Stopwatch
8. Luxmeter
9. Multimeter
10. Anemometer
11. Termokopel

### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Deskripsi Rancangan Alat**

Alat pengonversi energi surya menjadi energi mekanik ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Penutup transparan
2. Penyerap panas (*absorber*)
3. Kerangka penyangga

Penutup transparan pada alat ini menggunakan kaca bening. Pada penyerap panas menggunakan pelat aluminium bersirip yang dicat dengan warna hitam. Sedangkan kerangka penyangganya menggunakan aluminium.

#### **3.4.2 Spesifikasi Rancangan Alat**

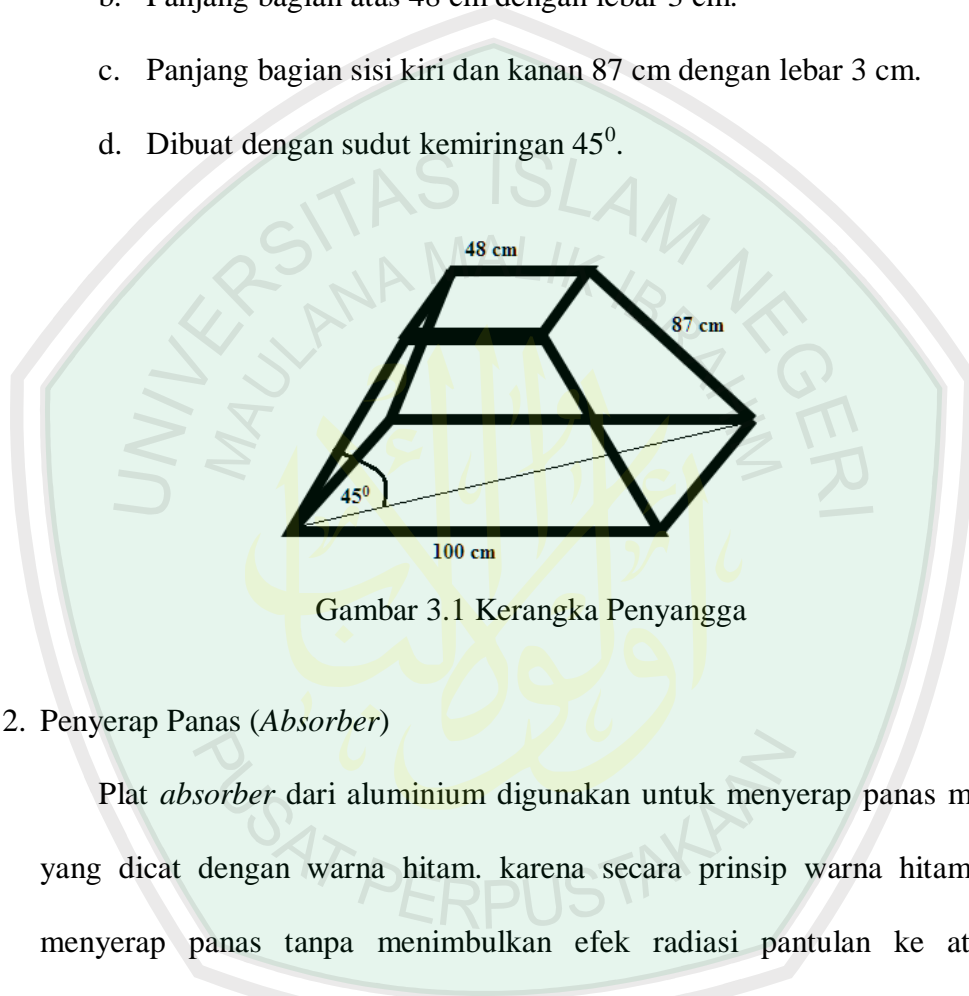
Dalam perancangan alat secara spesifik diuraikan sebagai berikut:

##### **1. Kerangka Penyangga**

Kerangka penyangga digunakan untuk menyangga dan sebagai tempat peletakan kolektor surya. Pada kerangka penyangga ini dibuat dengan

menggunakan aluminium yang dibentuk seperti piramid, dengan ukuran sebagai berikut:

- a. Panjang bagian bawah 100 cm dengan lebar 3 cm.
- b. Panjang bagian atas 48 cm dengan lebar 3 cm.
- c. Panjang bagian sisi kiri dan kanan 87 cm dengan lebar 3 cm.
- d. Dibuat dengan sudut kemiringan  $45^{\circ}$ .



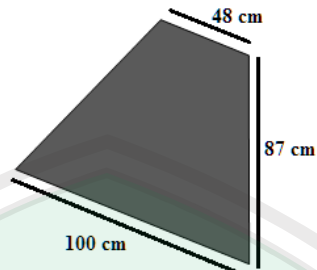
Gambar 3.1 Kerangka Penyangga

## 2. Penyerap Panas (*Absorber*)

Plat *absorber* dari aluminium digunakan untuk menyerap panas matahari yang dicat dengan warna hitam. karena secara prinsip warna hitam dapat menyerap panas tanpa menimbulkan efek radiasi pantulan ke atmosfer kembali. Plat absorber pada penelitian ini dibuat dengan bentuk bersirip, adapun ukurannya sebagai berikut:

- a. Plat *absorber*
  - (1) Panjang bagian bawah 100 cm.
  - (2) Panjang bagian atas 48 cm.
  - (3) Panjang sisi kanan dan kiri 87 cm.

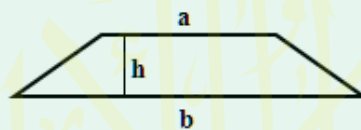
(4) Tebal plat 0,3 mm



Gambar 3.2 Plat *Absorber*

b. Sirip *absorber*

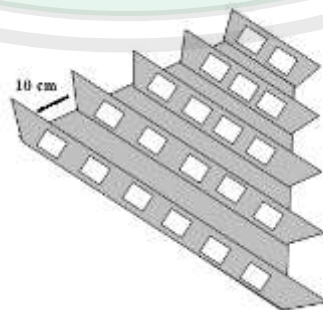
(1) Sirip dibuat horizontal dan berbentuk trapesium.



(2) Satu plat *absorber* terdiri dari 7 sirip.

(3) Panjang bagian atas (a) dan bawah (b) setiap sirip adalah 40 dan 55 cm, 50 dan 65 cm, 60 dan 75 cm, 70 dan 85 cm, 80 dan 95 cm, 90 dan 105 cm, 100 dan 115 cm.

(4) Tinggi sirip (h) adalah 10 cm.

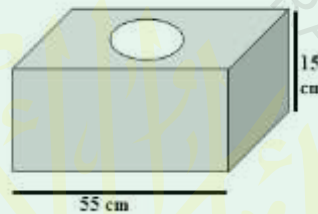


Gambar 3.3 Penyerap panas

Penutup kolektor yang digunakan adalah kaca bening yang diletakkan pada bagian atas *absorber*. Adapun ukurannya sebagai berikut:

a. Penutup Atas

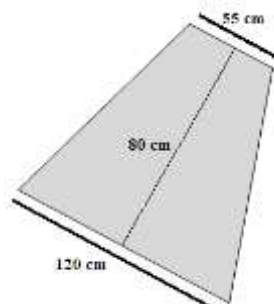
- (1) Panjang dan lebar 55 x 55 cm.
- (2) Bagian tengahnya dilubangi berbentuk lingkaran dengan diameter 11 cm.
- (3) Tebal 5 mm.



Gambar 3.4 Penutup Kaca Atas

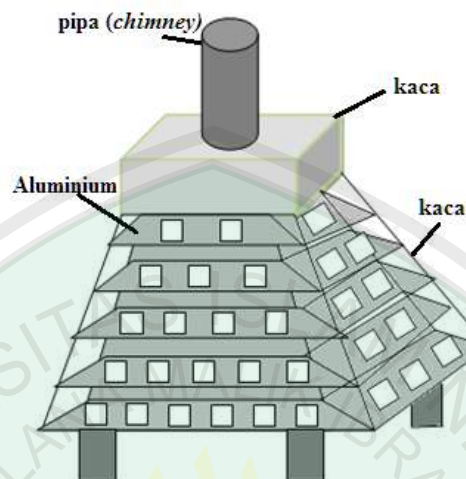
b. Penutup miring

- (1) Panjang bagian bawah 115 cm.
- (2) Panjang bagian atas 55 cm.
- (4) Tinggi 80 cm.
- (5) Tebal 5 mm.



Gambar 3.5 Penutup Kaca Miring

### 3.4.3 Desain Rancangan Alat



Gambar 3.6 Solar Chimney Dengan Kolektor bersirip

### 3.5 Teknik Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di luar ruangan. Dimana mengamati perubahan intensitas cahaya matahari yang ditunjukkan oleh luxmeter. Dan mengamati pula perubahan temperatur pada kolektor (temperatur masukan, keluaran, serta plat) yang ditunjukkan oleh termokopel. Serta mengamati perubahan kecepatan angin yang ditunjukkan oleh anemometer. Pengamatan ini dilakukan setiap 15 menit dalam 5,5 jam, dari pukul 8.30 sampai pukul 12.45. Adapun langkah-langkah dalam pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Memasang semua alat ukur, seperti termokopel diletakkan pada bagian *inlet* (masukan udara), plat *absorber*, serta pada bagian *outlet* (keluaran udara/pipa). Luxmeter diletakkan diatas kolektor untuk mengukur intensitas cahaya dan anemometer diletakkan pada pipa keluaran (*Solar Chimney*) untuk mengukur kecepatan angin yang dihasilkan.

2. Pengambilan data intensitas cahaya, perubahan temperatur, dan kecepatan angin dilakukan secara periodik, yaitu dengan selang 15 menit.
3. Melakukan pencatatan beberapa parameter, yaitu:
  - a. Waktu (lama penyinaran).
  - b. Intensitas cahaya.
  - c. Kecepatan angin.
  - d. Temperatur *inlet*, plat, dan *outlet*.
4. pengambilan data ini dilakukan selama 5 hari dengan ketinggian *chimney* yang berbeda.

### 3.6 Data Hasil penelitian

Tabel 3.1 Tabel Data hasil Penelitian

| Waktu | Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub><br>(°C) | T <sub>plat</sub><br>(°C) | T <sub>out</sub><br>(°C) | V <sub>angin</sub><br>(m/s) |
|-------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 08.30 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 08.45 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 09.00 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 09.15 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 09.30 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 09.45 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 10.00 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 10.15 |                                   |                         |                           |                          |                             |
| 10.30 |                                   |                         |                           |                          |                             |

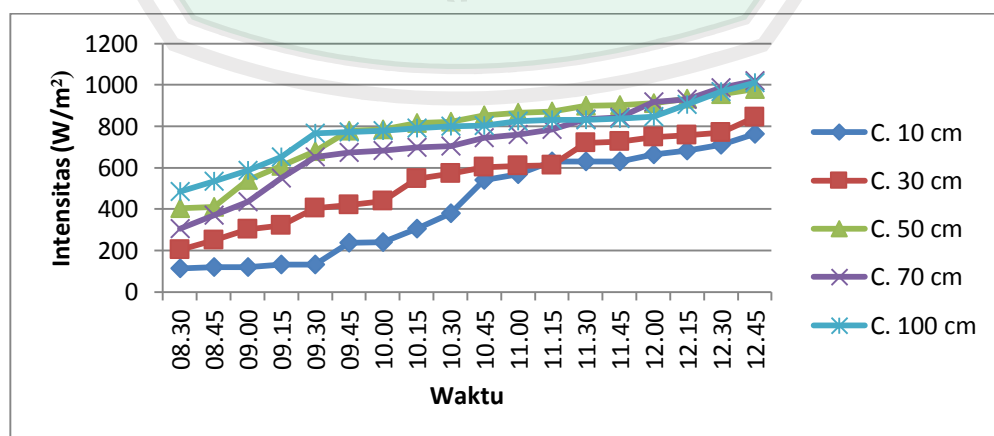
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di luar ruangan. Karena pengujian alat ini membutuhkan sumber cahaya matahari secara langsung. Tujuan dari melakukan penelitian tersebut adalah untuk mengetahui unjuk kerja dari alat, hubungan antara intensitas dengan kecepatan angin. Serta untuk mengetahui hubungan antara ketinggian *chimney* dengan efisiensi sistem yang dihasilkan oleh alat tersebut. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengukuran, yaitu pengukuran temperatur pada masing-masing bagian kolektor, diantaranya temperatur masukan (*inlet*), temperatur plat, dan temperatur keluaran (*outlet*). Serta dilakukan pengukuran terhadap intensitas matahari dan kecepatan angin.

### 4.1 Data Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Intensitas Matahari

Data hasil pengukuran intensitas matahari yang dipancarkan ke permukaan kolektor adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Intensitas Matahari

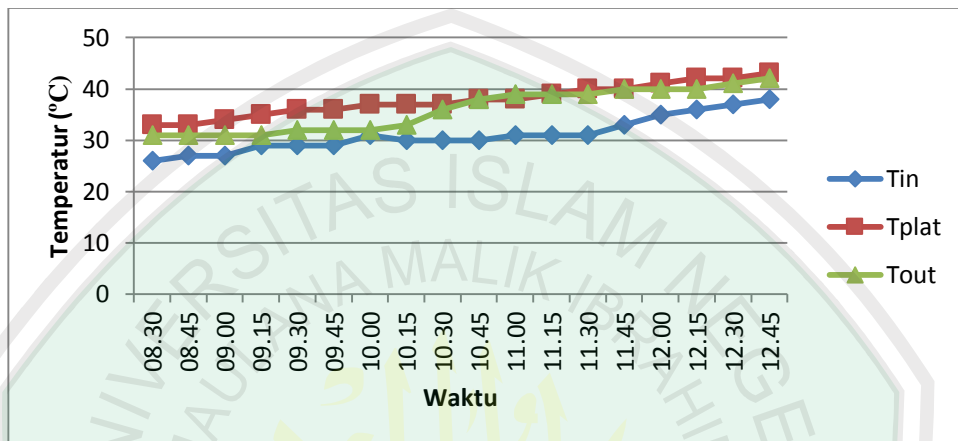
Gambar 4.1 di atas adalah grafik yang menunjukkan data pengamatan intensitas cahaya matahari dengan ketinggian *chimney* 10, 30, 50, 70, dan 100 cm. Pada tanggal 21 Mei 2016 dilakukan pengambilan data intensitas matahari pada ketinggian *chimney* 10 cm, dimana diperoleh nilai intensitas maksimum yaitu 763 W/m<sup>2</sup>, dan intensitas minimumnya 221 W/m<sup>2</sup>. Pada tanggal 22 Mei 2016 dilakukan pengambilan data intensitas matahari pada ketinggian *chimney* 30 cm. Dan diperoleh nilai intensitas maksimum yaitu 758 W/m<sup>2</sup>. Sedangkan intensitas minimumnya yaitu 223 W/m<sup>2</sup>.

Pengambilan data ketiga dilakukan pada tanggal 23 Mei 2016 dengan ketinggian *chimney* 50 cm, diperoleh intensitas maksimum yaitu 773 W/m<sup>2</sup> dan intensitas minimumnya 219 W/m<sup>2</sup>. Untuk pengambilan data keempat dilakukan pada tanggal 24 Mei 2016 pada ketinggian *chimney* 70 cm, dan diperoleh nilai intensitas maksimum adalah 797 W/m<sup>2</sup>. Sedangkan nilai intensitas minimumnya adalah 230 W/m<sup>2</sup>. Pada pengambilan data kelima atau terakhir dilakukan pada tanggal 25 Mei 2016 dengan ketinggian *chimney* 100 cm, dan diperoleh nilai intensitas maksimum adalah 777 W/m<sup>2</sup>. Dan nilai intensitas minimumnya adalah 218 W/m<sup>2</sup>.



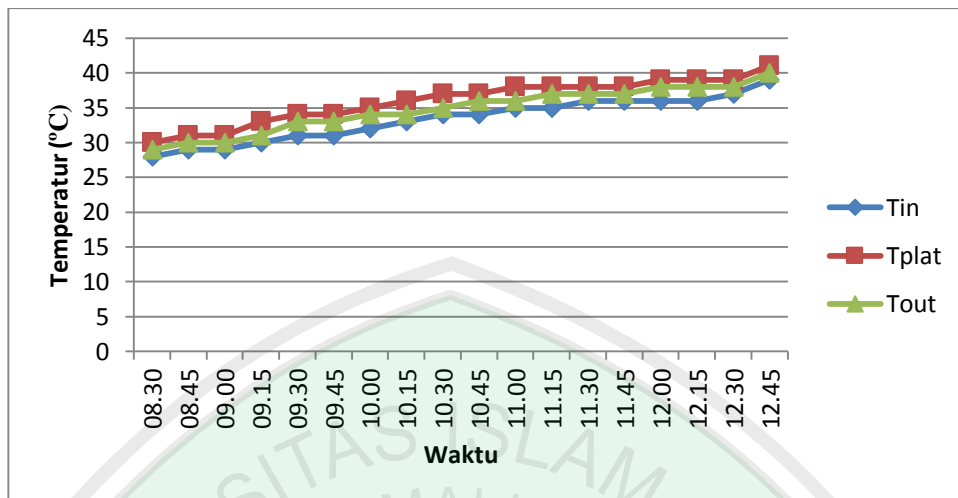
#### 4.1.2 Temperatur Kolektor

Data temperatur kolektor (*inlet*, *outlet* dan *plat*), dapat dilihat pada grafik berikut ini:



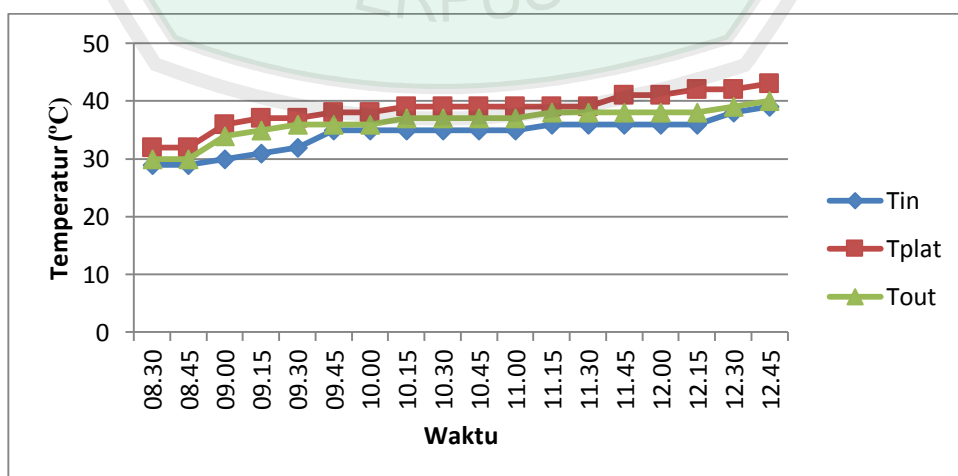
Gambar 4.2 Temperatur Kolektor Dengan *Chimney* 10 cm

Gambar 4.2 adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian-bagian kolektor ( $T_{in}$ ,  $T_{plat}$ , dan  $T_{out}$ ) pada tanggal 21 Mei 2016 dengan selang waktu 15 menit selama 5,5 jam. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa, temperatur plat memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur plat tertinggi mencapai  $43^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $35^{\circ}\text{C}$ . Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai  $38^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $29^{\circ}\text{C}$ . Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai  $42^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $31^{\circ}\text{C}$ .



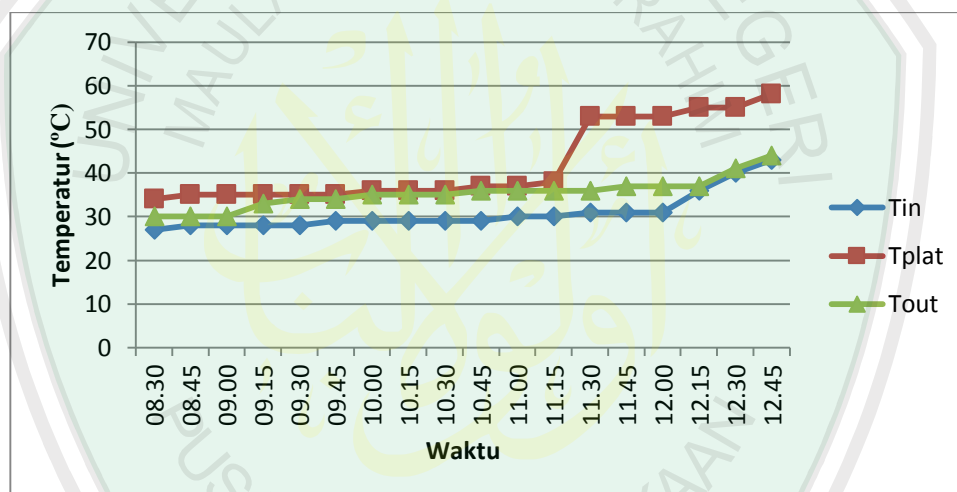
Gambar 4.3 Temperatur Kolektor Dengan *Chimney* 30 cm

Gambar 4.3 adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian-bagian kolektor ( $T_{in}$ ,  $T_{plat}$ , dan  $T_{out}$ ) pada tanggal 22 Mei 2016 dengan selang waktu 15 menit selama 5,5 jam. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa, temperatur plat memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur plat tertinggi mencapai  $41^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $30^{\circ}\text{C}$ . Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai  $39^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $28^{\circ}\text{C}$ . Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai  $40^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $29^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.4 Temperatur Kolektor Dengan *Chimney* 50 cm

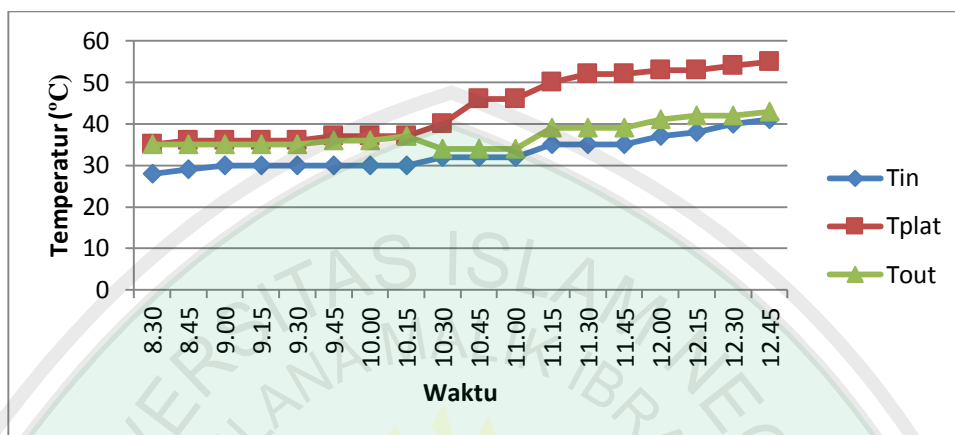
Gambar 4.4 adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian-bagian kolektor ( $T_{in}$ ,  $T_{plat}$ , dan  $T_{out}$ ) pada tanggal 23 Mei 2016 dengan selang waktu 15 menit selama 5,5 jam. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa, temperatur plat memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur plat tertinggi mencapai  $47^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $32^{\circ}\text{C}$ . Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai  $39^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $29^{\circ}\text{C}$ . Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai  $40^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $30^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.5 Temperatur Kolektor Dengan Chimney 70 cm

Gambar 4.5 adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian-bagian kolektor ( $T_{in}$ ,  $T_{plat}$ , dan  $T_{out}$ ) pada tanggal 24 Mei 2016 dengan selang waktu 15 menit selama 5,5 jam. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa, temperatur plat memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur plat tertinggi mencapai  $58^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $34^{\circ}\text{C}$ . Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai  $43^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan

terendahnya mencapai  $27^{\circ}\text{C}$ . Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai  $44^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $30^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.6 Temperatur Kolektor Dengan *Chimney* 100 cm

Gambar 4.6 adalah grafik yang menunjukkan temperatur dari bagian-bagian kolektor ( $T_{in}$ ,  $T_{plat}$ , dan  $T_{out}$ ) pada tanggal 25 Mei 2016 dengan selang waktu 15 menit selama 5,5 jam. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa, temperatur plat memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Temperatur plat tertinggi mencapai  $55^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $35^{\circ}\text{C}$ . Adapun pada temperatur masukan, tertinggi mencapai  $41^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $28^{\circ}\text{C}$ . Untuk temperatur keluaran, yang tertinggi mencapai  $43^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan terendahnya mencapai  $35^{\circ}\text{C}$ .

Temperatur pada plat memiliki nilai lebih besar dari temperatur masukan dan keluaran. Hal ini dikarenakan, plat yang digunakan adalah bahan yang memiliki konduktivitas tinggi. Sehingga dapat menyerap panas lebih besar. Untuk temperatur keluaran lebih besar dari temperatur masukan. Hal ini disebabkan oleh temperatur udara keluaran mengikuti perubahan temperatur plat.

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Pembuatan Alat

Pembuatan alat pengkonversi energi surya menjadi energi mekanik ini, memiliki beberapa tahap perancangan, yaitu: tahap perancangan penyangga dan kolektor. Untuk tahap perancangan penyangga dibutuhkan aluminium. Karena aluminium dapat menyerap panas. Penyangga ini dibuat dengan berbentuk piramid.

Selanjutnya adalah perancangan kolektor. Pada kolektor terbagi menjadi dua bagian, yaitu bagian penutup dan penyerap. Untuk bagian penutup dengan menggunakan kaca bening. Karena kaca bening dapat meneruskan radiasi surya berupa gelombang pendek dan mencegah panas keluar dari kolektor ke lingkungan. Sedangkan bagian penyerap menggunakan plat aluminium. Pemilihan bahan ini dikarenakan beberapa alasan, yaitu konduktivitas panas aluminium lebih besar daripada logam lainnya, memiliki emisivitas yang rendah dan kapasitas panas yang kecil. Aluminium tersebut dicat hitam agar lebih maksimal dalam menyerap panas. Hal ini dikarenakan benda hitam merupakan media penyerap panas yang sempurna.

Pada bagian penyerap ini, dibuat dengan bentuk piramid dan diberi sirip-sirip yang dilubangi. Tujuan dari sirip-sirip tersebut adalah untuk menambah luas penyerap panas, sehingga panas yang diserap lebih banyak. Sirip-sirip tersebut dilubangi dengan tujuan agar udara dapat masuk dan bercampur dengan panas yang telah diserap. Untuk bagian bawah diberi bahan isolator dari styrofoam agar tidak terjadi kehilangan panas dari sistem *solar chimney* ini. Desain alat

pengkonversi energi surya menjadi energi mekanik dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.7 *Solar Chimney* dengan Kolektor Bersirip

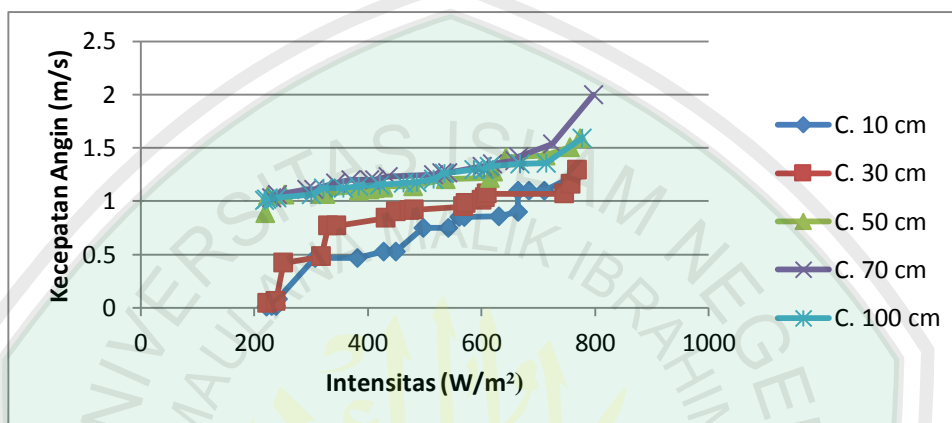
#### 4.2.2 Unjuk Kerja Alat

Rancangan alat ini memanfaatkan energi surya menjadi energi panas. Radiasi surya mengenai sistem kolektor, maka pada plat *absorber* menyerap radiasi surya yang jatuh ke permukaan bumi dan dikonversikan dalam bentuk panas, sehingga temperatur plat tersebut menjadi naik. Panas dipindahkan ke fluida kerja yang mengalir pada *absorber*. Karena adanya perbedaan temperatur terjadilah aliran udara secara alamiah, dari udara yang bertemperatur tinggi ke udara yang bertemperatur rendah. Tahap untuk aliran udara adalah sebagai berikut:

1. Udara masuk ke sistem *Solar Chimney* melalui *inlet*.
2. Udara yang berada dalam sistem kolektor akan menjadi panas, sehingga terjadi aliran udara karena perbedaan kerapatan.
3. Kemudian, aliran udara dihambat oleh sebuah turbin (anemometer) sehingga turbin merubah ke energi mekanik.

4. Udara akan keluar melalui *chimney* menuju ke lingkungan dengan adanya perbedaan tekanan dan sifat-sifat udara tersebut.

#### 4.2.3 Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Intensitas Matahari Terhadap Kecepatan Angin

Grafik di atas menjelaskan bahwa kecepatan angin maksimum yang dihasilkan adalah 2 m/s, pada intensitas  $797 W/m^2$  dengan ketinggian *chimney* 70 cm. Untuk kecepatan minimumnya adalah 0,012 m/s, ketika pada intensitas  $221 W/m^2$  dengan ketinggian *chimney* 10 cm. Sehingga dapat dikatakan bahwa, semakin besar intensitas matahari, maka kecepatan angin yang dihasilkan oleh rancangan alat ini juga semakin besar. Hal ini dikarenakan, ketika plat *absorber* menyerap lebih banyak radiasi matahari, maka suhu pada kolektor akan semakin besar, dan aliran fluida yang mengalir akan semakin banyak. Sehingga turbin akan berputar semakin cepat.

Pergerakan aliran fluida ini terjadi secara konveksi bebas. Karena adanya perbedaan kerapatan dan suhu. Sehingga, terjadilah perpindahan panas dari bertemperatur tinggi ke bertemperatur rendah.

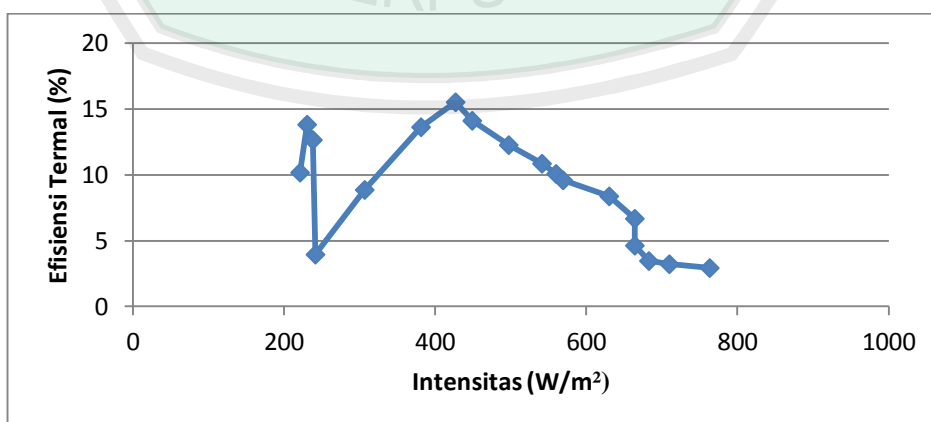
Tabel 4.1 Hasil Analisis Statik Hubungan Intensitas dengan Kecepatan Angin

| Source                      | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F       | Sig. |
|-----------------------------|-------------------------|----|-------------|---------|------|
| Model                       | 107,631 <sup>a</sup>    | 32 | 3,363       | 503,955 | ,000 |
| INTENSITAS                  | 4,162                   | 5  | 0,832       | 124,707 | ,000 |
| <i>CHIMNEY</i>              | 5,435                   | 4  | 1,359       | 203,601 | ,000 |
| ULANGAN                     | 0,277                   | 2  | 0,139       | 20,759  | ,000 |
| INTENSITAS * <i>CHIMNEY</i> | 1,009                   | 20 | 0,05        | 7,556   | ,000 |
| Error                       | 0,387                   | 58 | 0,007       |         |      |
| Total                       | 108,018                 | 90 |             |         |      |

Berdasarkan analisis statik diatas, maka dapat dikatakan bahwa, ada pengaruh antara intensitas dengan kecepatan angin yang dihasilkan. Karena signifikansi yang dihasilkan kurang dari 0,05, yaitu 0,000.

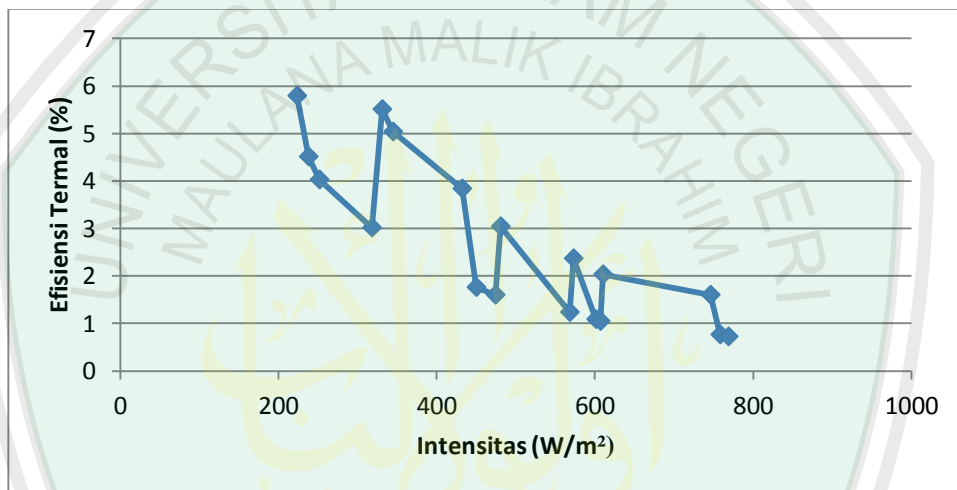
#### 4.2.4 Efisiensi Rancangan *Solar Chimney*

##### 4.2.4.1 Efisiensi Termal Kolektor

Gambar 4.9 Grafik Efisiensi Kolektor Pada *Chimney* 10 cm

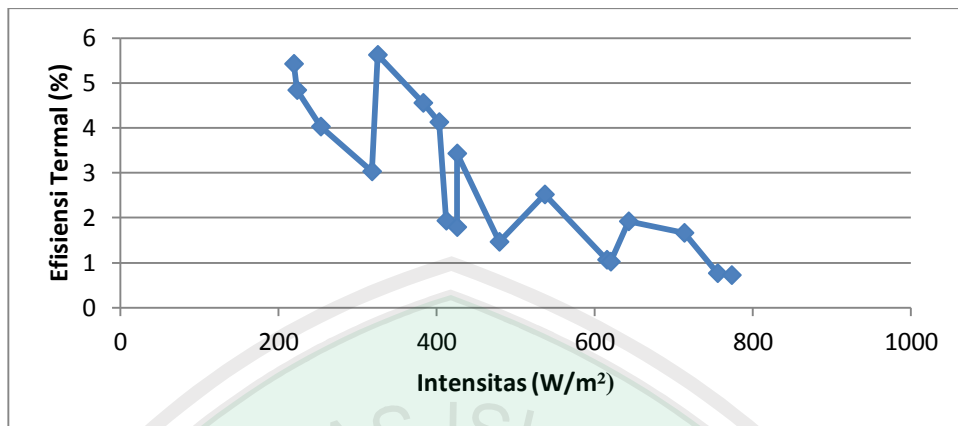


Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi termal kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 15,53498% yang terjadi pada intensitas  $427 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 2,915688% yang terjadi pada intensitas  $763 \text{ W/m}^2$ .



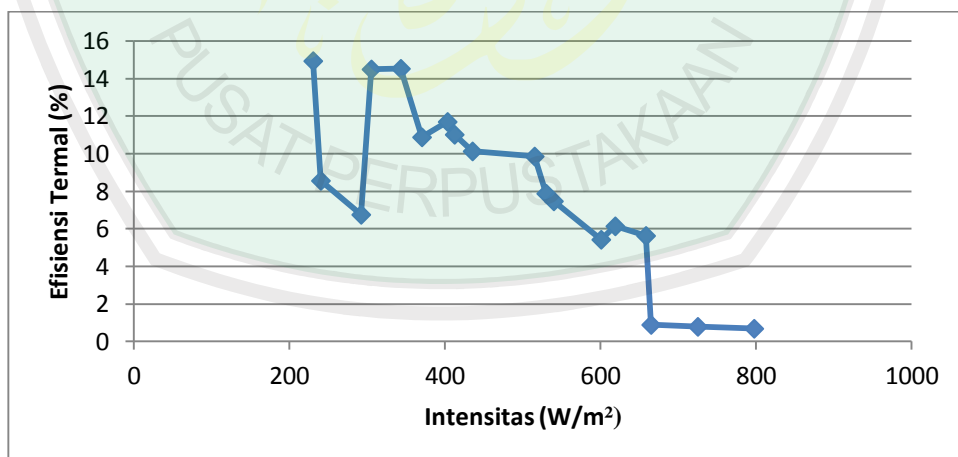
Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Kolektor Pada *Chimney* 30 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 5,506447% pada yang terjadi pada intensitas  $331 \text{ W/m}^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 0,722861% yang terjadi pada intensitas  $769 \text{ W/m}^2$ .



Gambar 4.11 Grafik Efisiensi Kolektor Pada *Chimney* 50 cm

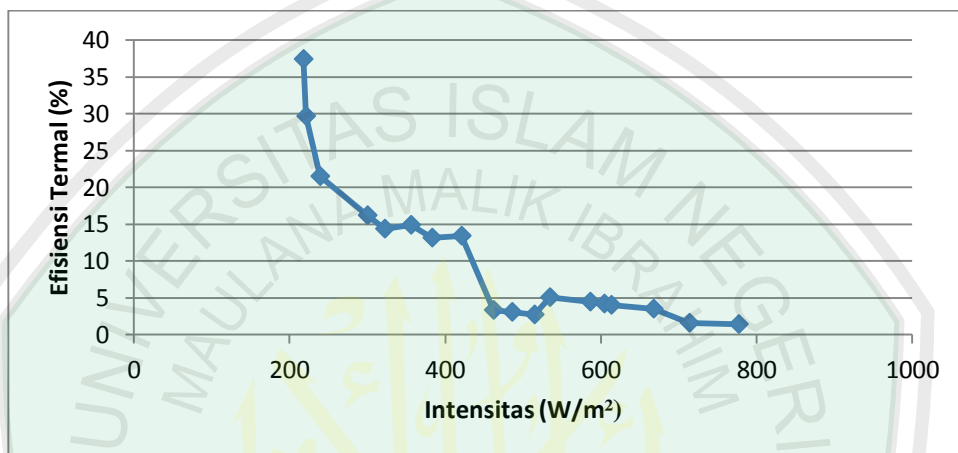
Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 5,632386% pada yang terjadi pada intensitas 325  $W/m^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 0,718385% yang terjadi pada intensitas 773  $W/m^2$ .



Gambar 4.12 Grafik Efisiensi Kolektor Pada *Chimney* 70 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya

kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 14,95625% pada yang terjadi pada intensitas 230  $\text{W/m}^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 0,68624% yang terjadi pada intensitas 797  $\text{W/m}^2$ .



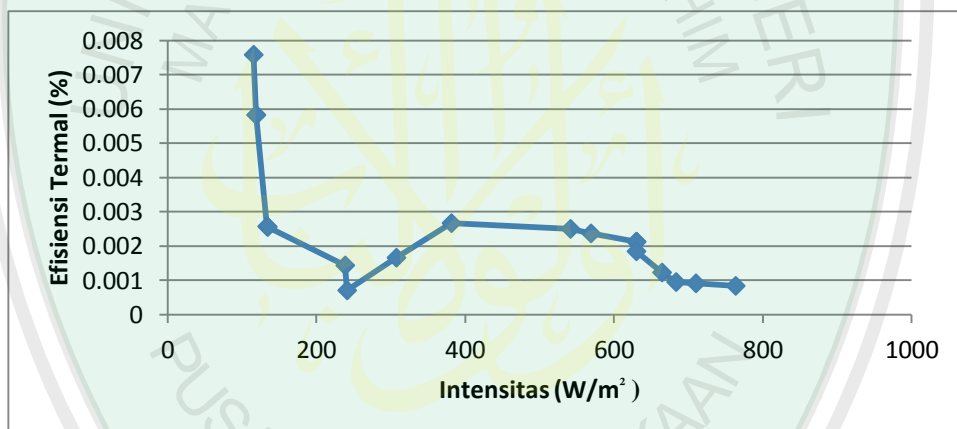
Gambar 4.13 Grafik Efisiensi Kolektor Pada *Chimney* 100 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 37,4616% pada yang terjadi pada intensitas 218  $\text{W/m}^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 1,417581% yang terjadi pada intensitas 777  $\text{W/m}^2$ .

Dari kelima grafik di atas maka dapat dikatakan bahwa efisiensi termal kolektor yang dihasilkan oleh rancangan *solar chimney* ini memiliki kurva yang sama. Hal ini dikarenakan efisiensi termal kolektor yang diperoleh mengalami penurunan dan kenaikan. Penurunan dan kenaikan nilai efisiensi termal kolektor tersebut, dipengaruhi oleh intensitas matahari yang diterima oleh kolektor.

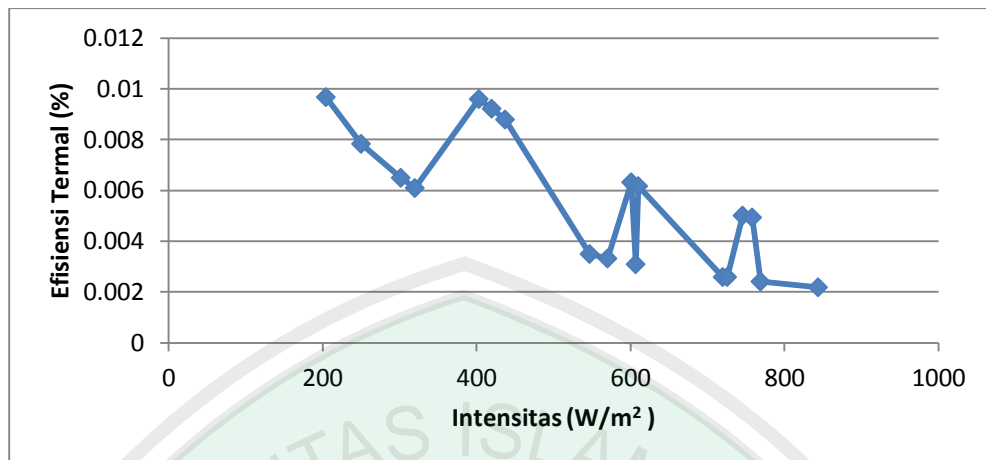
Analisis dari kelima grafik diatas, dapat dijelaskan bahwa penurunan efisiensi termal kolektor disebabkan oleh karena banyaknya kalor yang hilang (dilepaskan) ke lingkungan baik secara konveksi maupun konduksi. Kalor yang diserap, tidak semuanya digunakan. Ada kalor yang terperangkap dalam kolektor, sehingga temperatur dalam kolektor semakin besar. Dengan semakin tingginya temperatur pada kolektor, maka akan semakin besar kehilangan panas dari sistem ke lingkungan.

#### 4.2.4.2 Efisiensi Sistem



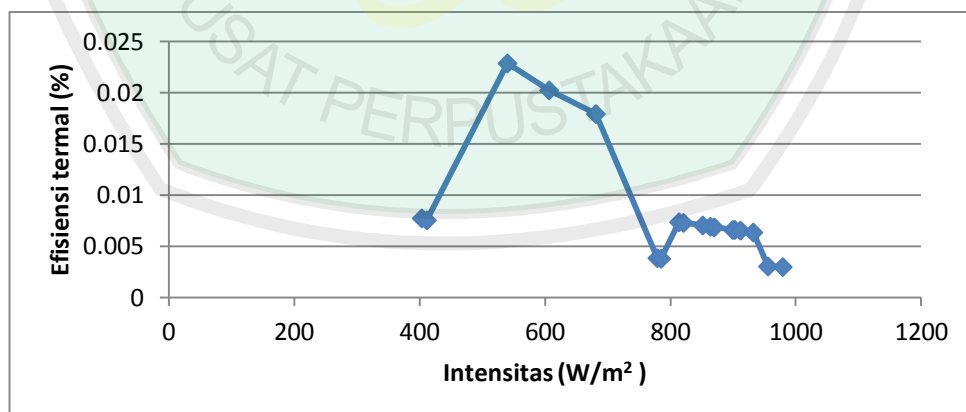
Gambar 4.14 Grafik efisiensi Sistem Pada *Chimney* 10 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik diatas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 0,007584% yang terjadi pada intensitas 221  $W/m^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 0,000835% yang terjadi pada intensitas 763  $W/m^2$ .



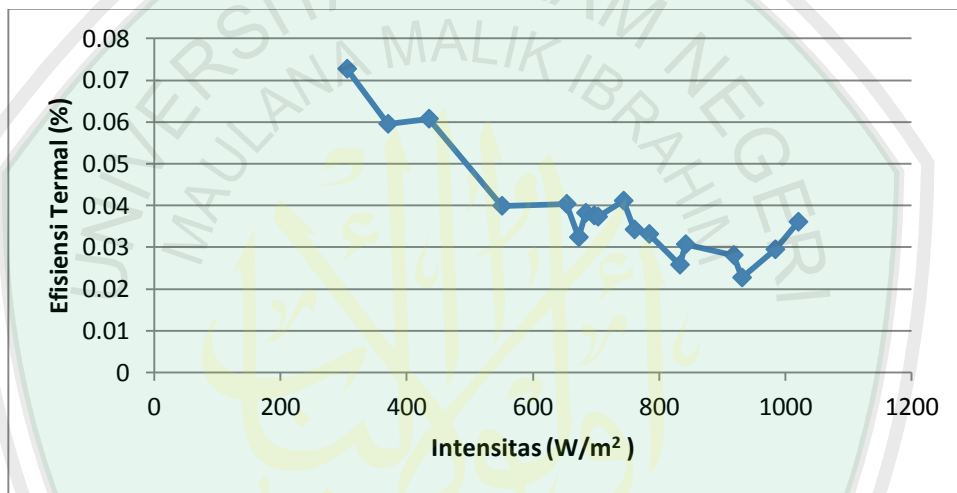
Gambar 4.15 Grafik Efisiensi Sistem Pada *Chimney* 30 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 0,009675% yang terjadi pada intensitas 223  $W/m^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 0,002177% yang terjadi pada intensitas 769  $W/m^2$ .



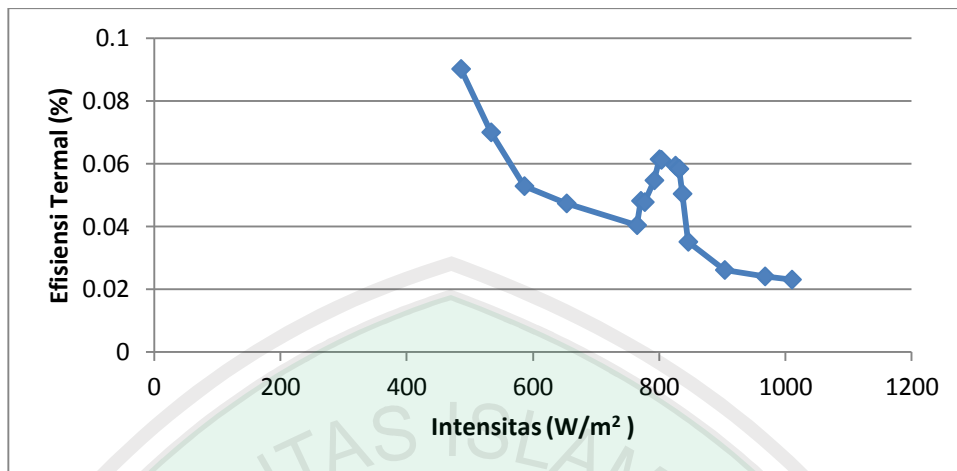
Gambar 4.16 Grafik Efisiensi Sistem Pada *Chimney* 50 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 0,022901% yang terjadi pada intensitas 253 W/m<sup>2</sup>. Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 0,002978% yang terjadi pada intensitas 773 W/m<sup>2</sup>.



Gambar 4.17 Grafik Efisiensi Sistem Pada *Chimney* 70 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 0,072624% yang terjadi pada intensitas 230 W/m<sup>2</sup>. Sedangkan nilai terendah dari efisiensi kolektor tersebut adalah 0,02264% yang terjadi pada intensitas 665 W/m<sup>2</sup>.



Gambar 4.18 Grafik Efisiensi Sistem Pada *Chimney* 100 cm

Pada grafik di atas, dapat dilihat bahwa besar efisiensi kolektor setiap waktu mengalami perubahan secara fluktuatif. Hal ini dikarenakan terjadinya kenaikan dan penurunan nilai efisiensi yang sangat signifikan. Pada grafik di atas, nilai efisiensi tertinggi mencapai 0,09025% yang terjadi pada intensitas 218  $W/m^2$ . Sedangkan nilai terendah dari efisiensi sistem tersebut adalah 0,02302% yang terjadi pada intensitas 777  $W/m^2$ .

Kurva dari kelima grafik di atas hampir sama dengan kurva pada grafik efisiensi termal kolektor. berdasarkan dari grafik efisiensi sistem di atas dapat dikatakan bahwa efisiensi sistem yang dihasilkan oleh rancangan *solar chimney* ini memiliki kurva yang sama. Hal ini dikarenakan efisiensi sistem yang diperoleh mengalami penurunan dan kenaikan. Penurunan dan kenaikan nilai efisiensi sistem tersebut, dipengaruhi oleh intensitas matahari yang diterima oleh kolektor.

Analisis dari kelima grafik di atas, dapat dijelaskan bahwa penurunan efisiensi sistem disebabkan oleh karena banyaknya kalor yang hilang (dilepaskan) ke lingkungan baik secara konveksi maupun konduksi. Kalor yang diserap, tidak

semuanya digunakan. Ada kalor yang terperangkap dalam kolektor, sehingga temperatur dalam kolektor semakin besar. Dengan semakin tingginya temperatur pada kolektor, maka akan semakin besar kehilangan panas dari sistem ke lingkungan.

#### 4.2.6 Pengaruh Ketinggian *Chimney* Terhadap Efisiensi Sistem

Tabel 4.2 Hasil Analisis Statistik Hubungan Ketinggian *Chimney* Terhadap Efisiensi Sistem

| Source                 | Type III Sum of Squares | df | Mean Square | F      | Sig. |
|------------------------|-------------------------|----|-------------|--------|------|
| Model                  | 9710,721 <sup>a</sup>   | 32 | 303,460     | 5,714  | ,000 |
| INTENSITAS             | 348,269                 | 5  | 69,654      | 1,312  | ,272 |
| PERLAKUAN              | 2720,456                | 4  | 680,114     | 12,807 | ,000 |
| ULANGAN                | 1603,889                | 2  | 801,945     | 15,101 | ,000 |
| INTENSITAS * PERLAKUAN | 432,804                 | 20 | 21,640      | ,407   | ,985 |
| Error                  | 3080,140                | 58 | 53,106      |        |      |
| Total                  | 12790,861               | 90 |             |        |      |

Berdasarkan analisis di atas, ketinggian *chimney* tidak mempengaruhi efisiensi sistem yang dihasilkan oleh alat tersebut. Hal ini dikarenakan, pada masing-masing ketinggian *chimney* terdapat intensitas yang berbeda-beda. Jika signifikansi lebih dari 0,05, maka tidak ada pengaruh antara ketinggian *chimney* dengan efisiensi sistem. Serta tidak ada pengaruh antara intensitas dengan efisiensi sistem pada rancangan alat ini.



Aliran yang terlalu cepat dalam *chimney* akan mengakibatkan *pressure drop* yang tinggi, sedangkan alirannya terlalu lambat, *pressure drop*-nya akan rendah tapi tidak efisien. Selain terjadi kerugian tekanan (*pressure drop*), juga terjadi kerugian *head* ( $\Delta h$ ). Dari kelima tinggian *chimney* tersebut, kerugian *head* paling besar adalah pada *chimney* 100 cm, yaitu 0,008304. Dengan menggunakan persamaan berikut:  $\Delta h = f \left( \frac{l}{d} \right) \left( \frac{v^2}{2g} \right)$  (Harinaldi, 2003). Dimana  $f$  adalah faktor friksi, yang dicari dengan persamaan berikut:  $\frac{1}{f} = 2 \log \frac{ks/d}{3,71}$ . Karena bilangan  $Re > 4000$ , yaitu 31428, maka aliran yang terjadi adalah aliran turbulen.

Faktor yang mempengaruhi kerugian didalam aliran fluida adalah kecepatan aliran, faktor friksi, luas penampang saluran, viskositas dan densitas fluida (Harinaldi, 2003).

#### **4.2.6 Konversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik Dalam Perspektif Seorang Muslim**

Seorang muslim memiliki kewajiban untuk melestarikan dan menjaga alam. Karena alam semesta merupakan hadiah yang diberikan kepada umat manusia untuk memenuhi semua kebutuhan hidup. Salah satu kebutuhan hidup manusia adalah energi. Manusia akan selalu berusaha memenuhi kebutuhan energinya agar dapat hidup dengan baik. Oleh karena itu, berbagai cara dilakukan oleh seorang muslim demi pemenuhan kebutuhan energi tersebut. Dalam Al-Qur'an Allah berfirman:

وَسَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمٰوٰتِ وَمَا فِي الْاَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُۥ اِنَّ فِيْ ذٰلِكَ لٰآيٰتٍ لِّقَوْمٍ يَّتَفَكَّرُوْنَ ۙ ۱۳

*“Dan Dia meneunudukkan untukmu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya, (sebagai rahmat) dari padaNya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi kaum yang berfikir”* (QS. Al-Jatsiyah: 13).

Seorang muslim jika menguasai fisika, atau sains pada umumnya, harus mengetahui bagaimana alam bertingkah laku pada kondisi tertentu. Berdasarkan ayat diatas, bahwa seluruh alam dan bumi akan tunduk pada umat manusia dengan sains yang diterapkannya.

Sains diterapkan memiliki tujuan untuk memberikan teknologi baru, yang mana dapat memberi manfaat pada umat manusia. Dan untuk memanfaatkan alam dan pengelolaannya secara baik, sebagai seorang muslim harus memanfaatkan alam ini tanpa harus merusak alam ini. Dalam Al-Qur'an Allah berfirman:

وَأَبْتَعْ فِي مَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفَسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ ٧٧

*“Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan”* (QS. al-Qashash: 77).

Allah sudah menyediakan sumber penghidupan kepada umat manusia. Sumber penghidupan yang dimaksudkan diatas, termasuk sumber energi yang diperlukan oleh umat manusia agar dapat mempertahankan hidupnya. Sumber penghidupan ini sudah tersedia di alam. Salah satu upaya yang dapat dilakukan oleh seorang muslim dalam memanfaatkan alam tanpa merusak lingkungan adalah dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi yang dibutuhkan

umat manusia. Energi matahari ini dapat dimanfaatkan, seperti, mengganti energi yang tak terbarukan (fosil, minyak bumi, dan lain-lain) yang digunakan sebagai pembangkit listrik. Dengan menggunakan energi matahari, maka tidak akan merusak lingkungan. Karena, energi matahari sendiri tidak polusi, dan ramah lingkungan. Dalam Al-Qur'an Allah berfirman:

وَجَعَلَ الْقَمَرَ فِيهِنَّ نُورًا وَجَعَلَ الشَّمْسَ سِرَاجًا ۝١٦

*“Dan Allah menciptakan padanya bulan sebagai cahaya dan menjadikan matahari sebagai pelita”* (QS. An-Nuh: 16).

Matahari sebagai pelita, berarti di permukaan matahari terdapat sumber energi yang terbakar (dinyalakan) sehingga energinya dapat dikirim sampai ke bumi. Energi matahari yang dikirim ke bumi dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik. Salah satu manfaat yang dapat diambil dari matahari pada penelitian ini adalah dengan memanfaatkan energi panas matahari. Energi panas matahari dapat dikonversi menjadi energi lain. Seperti pada penelitian ini, dimana energi matahari dikonversi menjadi energi mekanik, dan menghasilkan angin.

Secara tidak langsung dapat dikatakan bahwa, energi matahari merupakan energi utama yang dapat diubah menjadi energi lain yang dapat dimanfaatkan tanpa merusak lingkungan sekitar. Dan dengan memanfaatkan energi matahari, hal ini dapat menghemat sumber energi lain (fosil, minyak bumi, dan lain-lain). Energi matahari sendiri akan terus ada sampai hari akhir. Sehingga, kita dapat terus memanfaatkan energi matahari tanpa menimbulkan polusi dari sumber energi matahari ini.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

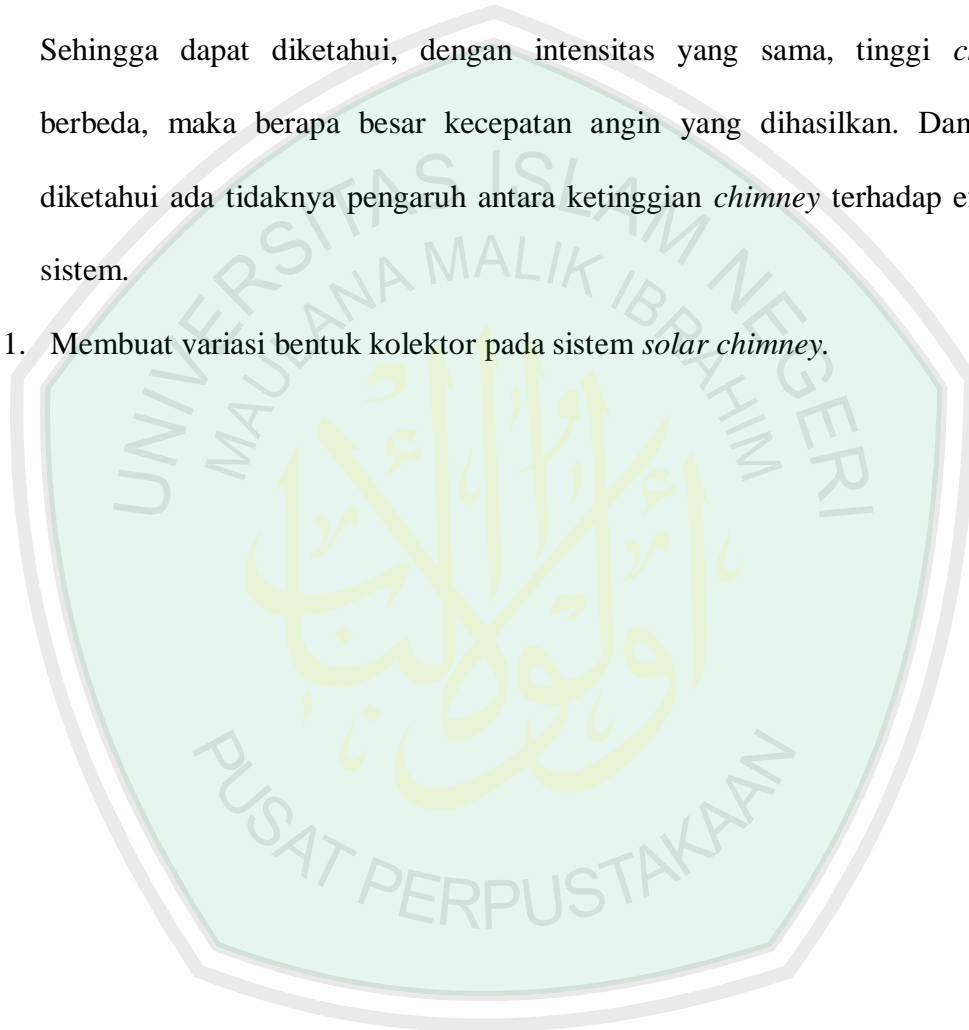
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Unjuk kerja dari kolektor bersirip ini adalah plat absorber menyerap radiasi surya yang jatuh ke permukaan bumi dan dikonversikan dalam bentuk panas, sehingga temperatur plat tersebut menjadi naik. Panas dipindahkan ke fluida kerja yang mengalir pada absorber. Karena adanya perbedaan temperatur terjadilah aliran udara secara alamiah, dari udara yang bertemperatur tinggi ke udara yang bertemperatur rendah.
2. Kecepatan angin yang dihasilkan oleh turbin, dipengaruhi oleh intensitas matahari yang masuk pada kolektor *solar chimney*. Ketika intensitas yang masuk pada kolektor besar, maka kecepatan angin yang dihasilkan akan semakin besar.
3. Variasi ketinggian *chimney* tidak berpengaruh terhadap efisiensi sistem yang dihasilkan oleh *solar chimney*. Karena, pada masing-masing ketinggian *chimney* diperoleh intensitas matahari yang berbeda-beda. Hal inilah yang menyebabkan tidak adanya pengaruh.

## 5.2 Saran

Saran dari penulis adalah:

1. Membuat dua sistem *solar chimney* dengan ketinggian *chimney* yang berbeda. Sehingga dapat diketahui, dengan intensitas yang sama, tinggi *chimney* berbeda, maka berapa besar kecepatan angin yang dihasilkan. Dan dapat diketahui ada tidaknya pengaruh antara ketinggian *chimney* terhadap efisiensi sistem.
1. Membuat variasi bentuk kolektor pada sistem *solar chimney*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Awwaludin, Muhammad. 2007. *Analisis Perpindahan Kalor Pada Heat Exchanger Pipa Ganda Dengan Sirip Berbentuk Delta Wing*. Skripsi. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik.
- Dyayadi. 2008. *Alam Semesta Bertawaf*. Yogyakarta: Lingkaran
- Harinaldi, Budiarmo. 2003. *Mekanika Fluida Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Hasan, Hasnawiyah. 2012. *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Pulau Saugi*. Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRKAT), vol 10, Nomor 2, Universitas Hasanudin.
- Chao, Fei, Liejin, Guo, Liang, Zhao. 2011. *Simulation Of A Sloped Solar Chimney Power Plant In Lanzhou*. Energy Conversation And Management S2 (2011) 2360-2366, Elsevier. Tat Key Laboratory Of Multiphase Flow In Power Engineering, Xi'an Jiatong University, Xi'an, PR China.
- Mulyono, Agus & Abtokhi, Achmad. 2006. *Fisika Dan Al-Qur'an*. Malang: UIN Maliki.
- Pinantun, I Tesla, dkk. 2014. *Analisis Performansi Solar Collector Pelat Datar Finned Absorber Terhadap Efisiensi Termal Sistem Solar Drying*. Bandung: Fakultas Teknik Elektro.
- Rosa, Yazmendra & Sukma, Rino. 2012. *Rancang Bangun Alat Konversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik*. Padang: Teknik Mesin Politeknik.
- Sitorus, Parulin. 2010. *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Menggunakan Solar Cell 100 wp Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Tugas Akhir. Padang: Fakultas Teknik.
- Wardhana, Wisnu Arya. 2004. *AL-Qur'an Dan Energi Nuklir*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Wilis, Galuh Renggani. 2013. *Pengaruh Bentuk Plat Absorber Pada Solar Water Heater Terhadap Efisiensi Kolektor*. Tegal: UPS.
- Wilis, Galuh Renggani & Santosa, Irfan. 2014. *Variasi Sudut Kemiringan Kolektor Surya Solar Water Heater*. Tegal: Fakultas Teknik Universitas Pancasakti.

Wirawan, I Ketut Gede. 2008. *Kolektor Surya Jenis Sirkular Dengan Memanfaatkan Neon Bekas Sebagai Kaca Penutup*. Bali: Universitas Udayana. Vol.2 (2).



## Lampiran I

### Data Hasil Penelitian

Chimney Pada Ketinggian 10 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub> | T <sub>plat</sub> | T <sub>out</sub> | Vangin |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|
| 221                               | 26              | 33                | 31               | 0,012  |
| 230                               | 27              | 33                | 31               | 0,02   |
| 238                               | 27              | 34                | 31               | 0,02   |
| 241                               | 29              | 35                | 31               | 0,081  |
| 307                               | 29              | 36                | 32               | 0,47   |
| 381                               | 29              | 36                | 32               | 0,47   |
| 427                               | 31              | 37                | 32               | 0,53   |
| 449                               | 30              | 37                | 33               | 0,53   |
| 497                               | 30              | 37                | 36               | 0,75   |
| 541                               | 30              | 38                | 38               | 0,75   |
| 560                               | 31              | 38                | 39               | 0,85   |
| 569                               | 31              | 39                | 39               | 0,85   |
| 630                               | 31              | 40                | 39               | 0,86   |
| 664                               | 33              | 40                | 40               | 0,9    |
| 664                               | 35              | 41                | 40               | 1,1    |
| 683                               | 36              | 42                | 40               | 1,1    |
| 710                               | 37              | 42                | 41               | 1,1    |
| 763                               | 38              | 43                | 42               | 1,24   |



Chimney Pada Ketinggian 30 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub> | T <sub>plat</sub> | T <sub>out</sub> | Vangin |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|
| 223                               | 28              | 30                | 29               | 0,04   |
| 238                               | 29              | 31                | 30               | 0,06   |
| 252                               | 29              | 31                | 30               | 0,42   |
| 318                               | 30              | 33                | 31               | 0,48   |
| 331                               | 31              | 34                | 33               | 0,77   |
| 345                               | 31              | 34                | 33               | 0,77   |
| 432                               | 32              | 35                | 34               | 0,84   |
| 450                               | 33              | 36                | 34               | 0,9    |
| 474                               | 34              | 37                | 35               | 0,91   |
| 481                               | 34              | 37                | 36               | 0,92   |
| 568                               | 35              | 38                | 36               | 0,95   |
| 573                               | 35              | 38                | 37               | 0,98   |
| 601                               | 36              | 38                | 37               | 1,01   |
| 607                               | 36              | 38                | 37               | 1,03   |
| 610                               | 36              | 39                | 38               | 1,07   |
| 746                               | 36              | 39                | 38               | 1,07   |
| 758                               | 37              | 39                | 38               | 1,16   |
| 769                               | 39              | 41                | 40               | 1,29   |

Chimney Pada Ketinggian 50 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub> | T <sub>plat</sub> | T <sub>out</sub> | Vangin |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|
| 219                               | 29              | 32                | 30               | 0,89   |
| 223                               | 29              | 32                | 30               | 1,05   |
| 253                               | 30              | 36                | 34               | 1,06   |
| 318                               | 31              | 37                | 35               | 1,07   |
| 325                               | 32              | 37                | 36               | 1,07   |
| 383                               | 34              | 38                | 36               | 1,1    |
| 403                               | 35              | 38                | 36               | 1,11   |
| 412                               | 35              | 39                | 37               | 1,12   |
| 426                               | 35              | 39                | 37               | 1,13   |
| 426                               | 35              | 39                | 37               | 1,14   |
| 479                               | 35              | 39                | 37               | 1,14   |
| 537                               | 35              | 39                | 38               | 1,21   |
| 615                               | 35              | 39                | 38               | 1,22   |
| 620                               | 35              | 41                | 38               | 1,28   |
| 643                               | 36              | 42                | 38               | 1,41   |
| 713                               | 36              | 42                | 38               | 1,43   |
| 755                               | 38              | 43                | 39               | 1,51   |
| 773                               | 39              | 47                | 40               | 1,59   |

Chimney Pada Ketinggian 70 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub> | T <sub>plat</sub> | T <sub>out</sub> | Vangin |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|
| 230                               | 27              | 34                | 30               | 1,03   |
| 240                               | 28              | 35                | 30               | 1,06   |
| 292                               | 28              | 35                | 30               | 1,11   |
| 305                               | 28              | 35                | 33               | 1,11   |
| 343                               | 28              | 35                | 34               | 1,17   |
| 370                               | 29              | 35                | 34               | 1,2    |
| 403                               | 29              | 36                | 35               | 1,2    |
| 412                               | 29              | 36                | 35               | 1,2    |
| 435                               | 29              | 36                | 35               | 1,23   |
| 515                               | 29              | 37                | 36               | 1,25   |
| 530                               | 30              | 37                | 36               | 1,27   |
| 540                               | 30              | 38                | 36               | 1,27   |
| 601                               | 31              | 53                | 36               | 1,33   |
| 619                               | 31              | 53                | 37               | 1,35   |
| 658                               | 31              | 53                | 37               | 1,38   |
| 665                               | 36              | 55                | 37               | 1,42   |
| 725                               | 40              | 55                | 41               | 1,54   |
| 797                               | 43              | 58                | 44               | 2      |

Chimney Pada Ketinggian 100 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub> | T <sub>plat</sub> | T <sub>out</sub> | Vangin |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|
| 218                               | 28              | 35                | 35               | 1,01   |
| 221                               | 29              | 36                | 35               | 1,02   |
| 239                               | 30              | 36                | 35               | 1,03   |
| 300                               | 30              | 36                | 35               | 1,06   |
| 322                               | 30              | 36                | 35               | 1,12   |
| 356                               | 30              | 37                | 36               | 1,12   |
| 383                               | 30              | 37                | 36               | 1,14   |
| 421                               | 30              | 37                | 37               | 1,15   |
| 462                               | 32              | 40                | 34               | 1,17   |
| 486                               | 32              | 46                | 34               | 1,18   |
| 515                               | 32              | 46                | 34               | 1,21   |
| 534                               | 35              | 50                | 39               | 1,26   |
| 586                               | 35              | 52                | 39               | 1,3    |
| 604                               | 35              | 52                | 39               | 1,3    |
| 613                               | 37              | 53                | 41               | 1,33   |
| 668                               | 38              | 53                | 42               | 1,35   |
| 714                               | 40              | 54                | 42               | 1,36   |
| 777                               | 41              | 55                | 43               | 1,59   |

## Lampiran 2

### Data Statistik

#### Data Hubungan Intensitas Dengan Kecepatan Angin

| PERLAKUAN                 | INTENSITAS | ULANGAN |      |      |
|---------------------------|------------|---------|------|------|
|                           |            | 1       | 2    | 3    |
| <i>Chimney 10<br/>cm</i>  | 200        | 0,012   | 0,02 | 0,02 |
|                           | 300        | 0,081   | 0,47 | 0,47 |
|                           | 400        | 0,53    | 0,53 | 0,75 |
|                           | 500        | 0,75    | 0,85 | 0,85 |
|                           | 600        | 0,86    | 0,9  | 1,1  |
|                           | 700        | 1,1     | 1,1  | 1,24 |
| <i>Chimney 30<br/>cm</i>  | 200        | 0,04    | 0,06 | 0,42 |
|                           | 300        | 0,48    | 0,77 | 0,77 |
|                           | 400        | 0,84    | 0,9  | 0,91 |
|                           | 500        | 0,92    | 0,95 | 0,98 |
|                           | 600        | 1,01    | 1,03 | 1,07 |
|                           | 700        | 1,07    | 1,16 | 1,29 |
| <i>Chimney 50<br/>cm</i>  | 200        | 0,89    | 1,05 | 1,06 |
|                           | 300        | 1,07    | 1,07 | 1,1  |
|                           | 400        | 1,11    | 1,12 | 1,13 |
|                           | 500        | 1,14    | 1,14 | 1,21 |
|                           | 600        | 1,22    | 1,28 | 1,41 |
|                           | 700        | 1,43    | 1,51 | 1,59 |
| <i>Chimney 70<br/>cm</i>  | 200        | 1,03    | 1,06 | 1,11 |
|                           | 300        | 1,11    | 1,17 | 1,2  |
|                           | 400        | 1,2     | 1,2  | 1,23 |
|                           | 500        | 1,25    | 1,27 | 1,27 |
|                           | 600        | 1,33    | 1,35 | 1,38 |
|                           | 700        | 1,42    | 1,54 | 2    |
| <i>Chimney 100<br/>cm</i> | 200        | 1,01    | 1,02 | 1,03 |
|                           | 300        | 1,06    | 1,12 | 1,12 |
|                           | 400        | 1,14    | 1,15 | 1,17 |
|                           | 500        | 1,18    | 1,21 | 1,26 |
|                           | 600        | 1,3     | 1,3  | 1,33 |
|                           | 700        | 1,35    | 1,36 | 1,59 |

**Data Hubungan Ktinggian *Chimney* Dengan Efisiensi Sistem**

| PERLAKUAN                | INTENSITAS | ULANGAN  |          |          |
|--------------------------|------------|----------|----------|----------|
|                          |            | 1        | 2        | 3        |
| <i>Chimney</i> 10<br>cm  | 200        | 0,007584 | 0,005824 | 0,005824 |
|                          | 300        | 0,00258  | 0,002561 | 0,001442 |
|                          | 400        | 0,000703 | 0,001665 | 0,002666 |
|                          | 500        | 0,002504 | 0,002373 | 0,002122 |
|                          | 600        | 0,002122 | 0,001845 | 0,001234 |
|                          | 700        | 0,000954 | 0,000908 | 0,000835 |
| <i>Chimney</i> 30<br>cm  | 200        | 0,009675 | 0,007843 | 0,006492 |
|                          | 300        | 0,006087 | 0,009603 | 0,009214 |
|                          | 400        | 0,008798 | 0,003491 | 0,003329 |
|                          | 500        | 0,006314 | 0,003105 | 0,00618  |
|                          | 600        | 0,002601 | 0,00258  | 0,005021 |
|                          | 700        | 0,004941 | 0,00242  | 0,002177 |
| <i>Chimney</i> 50<br>cm  | 200        | 0,007722 | 0,007554 | 0,022901 |
|                          | 300        | 0,020239 | 0,017922 | 0,003853 |
|                          | 400        | 0,003812 | 0,007352 | 0,007289 |
|                          | 500        | 0,007024 | 0,006926 | 0,006628 |
|                          | 600        | 0,006628 | 0,006606 | 0,006519 |
|                          | 700        | 0,006379 | 0,00307  | 0,002978 |
| <i>Chimney</i> 70<br>cm  | 200        | 0,07262  | 0,05947  | 0,0607   |
|                          | 300        | 0,0398   | 0,0403   | 0,03242  |
|                          | 400        | 0,03822  | 0,03751  | 0,03719  |
|                          | 500        | 0,04105  | 0,03413  | 0,03313  |
|                          | 600        | 0,02581  | 0,03064  | 0,0281   |
|                          | 700        | 0,02264  | 0,02942  | 0,03603  |
| <i>Chimney</i> 100<br>cm | 200        | 0,09025  | 0,06994  | 0,05276  |
|                          | 300        | 0,04735  | 0,04041  | 0,04812  |
|                          | 400        | 0,04775  | 0,05465  | 0,06143  |
|                          | 500        | 0,0612   | 0,0593   | 0,05837  |
|                          | 600        | 0,0583   | 0,05037  | 0,03514  |
|                          | 700        | 0,02614  | 0,02418  | 0,02302  |

### Lampiran 3

#### Data Hasil Penelitian Menggunakan Variasi Tinggi *Chimney*

Data Analisis dan Hasil Penelitian Pada Chimney 10 cm

| Intensitas (W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub> (°C) | T <sub>plat</sub> (°C) | T <sub>out</sub> (°C) | V <sub>angin</sub> (m/s) | ΔT | Cp       | ρ        | m        |
|--------------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|----|----------|----------|----------|
| 221                            | 29                   | 35                     | 31                    | 0,012                    | 2  | 1001,08  | 1,168832 | 0,033306 |
| 230                            | 29                   | 36                     | 32                    | 0,02                     | 3  | 1001,08  | 1,168832 | 0,033306 |
| 238                            | 29                   | 36                     | 32                    | 0,02                     | 3  | 1001,08  | 1,168832 | 0,033306 |
| 241                            | 31                   | 37                     | 32                    | 0,081                    | 1  | 1001,106 | 1,161142 | 0,033087 |
| 307                            | 30                   | 37                     | 33                    | 0,47                     | 3  | 1001,093 | 1,164975 | 0,033197 |
| 381                            | 30                   | 37                     | 36                    | 0,47                     | 6  | 1001,093 | 1,164975 | 0,033197 |
| 427                            | 30                   | 38                     | 38                    | 0,53                     | 8  | 1001,093 | 1,164975 | 0,033197 |
| 449                            | 31                   | 38                     | 39                    | 0,53                     | 8  | 1001,106 | 1,161142 | 0,033087 |
| 497                            | 31                   | 39                     | 39                    | 0,75                     | 8  | 1001,106 | 1,161142 | 0,033087 |
| 541                            | 30                   | 38                     | 38                    | 0,75                     | 8  | 1001,093 | 1,164975 | 0,033197 |
| 560                            | 31                   | 38                     | 39                    | 0,85                     | 8  | 1001,106 | 1,161142 | 0,033087 |
| 569                            | 31                   | 39                     | 39                    | 0,85                     | 8  | 1001,106 | 1,161142 | 0,033087 |
| 630                            | 31                   | 40                     | 39                    | 0,86                     | 8  | 1001,106 | 1,161142 | 0,033087 |
| 664                            | 33                   | 40                     | 40                    | 0,9                      | 7  | 1001,132 | 1,153553 | 0,032871 |
| 664                            | 35                   | 41                     | 40                    | 1,1                      | 5  | 1001,158 | 1,146063 | 0,032658 |
| 683                            | 36                   | 42                     | 40                    | 1,1                      | 4  | 1001,171 | 1,142354 | 0,032552 |
| 710                            | 37                   | 42                     | 41                    | 1,1                      | 4  | 1001,184 | 1,138669 | 0,032447 |
| 763                            | 38                   | 43                     | 42                    | 1,24                     | 4  | 1001,197 | 1,135007 | 0,032343 |

Data Analisis dan Hasil Penelitian Pada Chimney 30 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub><br>(°C) | T <sub>plat</sub><br>(°C) | T <sub>out</sub><br>(°C) | V <sub>angin</sub><br>(m/s) | ΔT | C <sub>p</sub> | ρ        | ṁ       |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----|----------------|----------|----------|
| 223                               | 28                      | 30                        | 29                       | 0,04                        | 1  | 1001,067       | 1,172715 | 0,033417 |
| 238                               | 29                      | 31                        | 30                       | 0,06                        | 1  | 1001,08        | 1,168832 | 0,033306 |
| 252                               | 29                      | 31                        | 30                       | 0,42                        | 1  | 1001,08        | 1,168832 | 0,033306 |
| 318                               | 30                      | 33                        | 31                       | 0,48                        | 1  | 1001,093       | 1,164975 | 0,033197 |
| 331                               | 31                      | 34                        | 33                       | 0,77                        | 2  | 1001,106       | 1,161142 | 0,033087 |
| 345                               | 31                      | 34                        | 33                       | 0,77                        | 2  | 1001,106       | 1,161142 | 0,033087 |
| 432                               | 32                      | 35                        | 34                       | 0,84                        | 2  | 1001,119       | 1,157335 | 0,032979 |
| 450                               | 33                      | 36                        | 34                       | 0,9                         | 1  | 1001,132       | 1,153553 | 0,032871 |
| 474                               | 34                      | 37                        | 35                       | 0,91                        | 1  | 1001,145       | 1,149796 | 0,032764 |
| 481                               | 34                      | 37                        | 36                       | 0,92                        | 2  | 1001,145       | 1,149796 | 0,032764 |
| 568                               | 35                      | 38                        | 36                       | 0,95                        | 1  | 1001,158       | 1,146063 | 0,032658 |
| 573                               | 35                      | 38                        | 37                       | 0,98                        | 2  | 1001,158       | 1,146063 | 0,032658 |
| 601                               | 36                      | 38                        | 37                       | 1,01                        | 1  | 1001,171       | 1,142354 | 0,032552 |
| 607                               | 36                      | 38                        | 37                       | 1,03                        | 1  | 1001,171       | 1,142354 | 0,032552 |
| 610                               | 36                      | 39                        | 38                       | 1,07                        | 2  | 1001,171       | 1,142354 | 0,032552 |
| 746                               | 36                      | 39                        | 38                       | 1,07                        | 2  | 1001,171       | 1,142354 | 0,032552 |
| 758                               | 37                      | 39                        | 38                       | 1,16                        | 1  | 1001,184       | 1,138669 | 0,032447 |
| 769                               | 39                      | 41                        | 40                       | 1,29                        | 1  | 1001,211       | 1,13137  | 0,032239 |



Data Analisis dan Hasil Penelitian Pada Chimney 50 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub><br>(°C) | T <sub>plat</sub><br>(°C) | T <sub>out</sub><br>(°C) | V <sub>angin</sub><br>(m/s) | ΔT | C <sub>p</sub> | ρ       | ṁ      |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----|----------------|---------|---------|
| 212                               | 29                      | 32                        | 30                       | 0,89                        | 1  | 1,16883        | 1001,08 | 0,03331 |
| 223                               | 29                      | 32                        | 30                       | 1,05                        | 1  | 1,16883        | 1001,08 | 0,03331 |
| 253                               | 30                      | 36                        | 34                       | 1,06                        | 4  | 1,16498        | 1001,09 | 0,0332  |
| 318                               | 31                      | 37                        | 35                       | 1,07                        | 4  | 1,16114        | 1001,11 | 0,03309 |
| 325                               | 32                      | 37                        | 36                       | 1,07                        | 4  | 1,15734        | 1001,12 | 0,03298 |
| 383                               | 34                      | 38                        | 36                       | 1,1                         | 2  | 1,1498         | 1001,15 | 0,03276 |
| 403                               | 35                      | 38                        | 36                       | 1,11                        | 1  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 412                               | 35                      | 39                        | 37                       | 1,12                        | 2  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 426                               | 35                      | 39                        | 37                       | 1,13                        | 2  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 426                               | 35                      | 39                        | 37                       | 1,14                        | 2  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 479                               | 35                      | 39                        | 37                       | 1,14                        | 2  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 537                               | 35                      | 39                        | 38                       | 1,21                        | 3  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 615                               | 35                      | 39                        | 38                       | 1,22                        | 3  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 620                               | 35                      | 41                        | 38                       | 1,28                        | 3  | 1,14606        | 1001,16 | 0,03266 |
| 643                               | 36                      | 42                        | 38                       | 1,41                        | 2  | 1,14235        | 1001,17 | 0,03255 |
| 713                               | 36                      | 42                        | 38                       | 1,43                        | 2  | 1,14235        | 1001,17 | 0,03255 |
| 755                               | 38                      | 43                        | 39                       | 1,51                        | 1  | 1,13501        | 1001,2  | 0,03234 |
| 773                               | 39                      | 47                        | 40                       | 1,59                        | 1  | 1,13137        | 1001,21 | 0,03224 |

Data Analisis dan Hasil Penelitian Pada Chimney 70 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub><br>(°C) | T <sub>plat</sub><br>(°C) | T <sub>out</sub><br>(°C) | V <sub>angin</sub><br>(m/s) | ΔT | C <sub>p</sub> | ρ        | ṁ       |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----|----------------|----------|----------|
| 230                               | 27                      | 34                        | 30                       | 1,03                        | 3  | 1,176624       | 1001,04  | 0,033528 |
| 240                               | 28                      | 35                        | 30                       | 1,06                        | 2  | 1,172715       | 1001,053 | 0,033417 |
| 292                               | 28                      | 35                        | 30                       | 1,11                        | 2  | 1,172715       | 1001,053 | 0,033417 |
| 305                               | 28                      | 35                        | 33                       | 1,11                        | 5  | 1,172715       | 1001,067 | 0,033417 |
| 343                               | 28                      | 35                        | 34                       | 1,17                        | 6  | 1,172715       | 1001,067 | 0,033417 |
| 370                               | 29                      | 35                        | 34                       | 1,2                         | 5  | 1,168832       | 1001,08  | 0,033306 |
| 403                               | 29                      | 36                        | 35                       | 1,2                         | 6  | 1,168832       | 1001,08  | 0,033306 |
| 412                               | 29                      | 36                        | 35                       | 1,2                         | 6  | 1,168832       | 1001,08  | 0,033306 |
| 435                               | 29                      | 36                        | 35                       | 1,23                        | 6  | 1,168832       | 1001,08  | 0,033306 |
| 515                               | 29                      | 37                        | 36                       | 1,25                        | 7  | 1,168832       | 1001,08  | 0,033306 |
| 530                               | 30                      | 37                        | 36                       | 1,27                        | 6  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 540                               | 30                      | 38                        | 36                       | 1,27                        | 6  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 601                               | 31                      | 53                        | 36                       | 1,33                        | 5  | 1,161142       | 1001,106 | 0,033087 |
| 619                               | 31                      | 53                        | 37                       | 1,35                        | 6  | 1,161142       | 1001,106 | 0,033087 |
| 658                               | 31                      | 53                        | 37                       | 1,38                        | 6  | 1,161142       | 1001,106 | 0,033087 |
| 665                               | 36                      | 55                        | 37                       | 1,42                        | 1  | 1,142354       | 1001,119 | 0,032552 |
| 725                               | 40                      | 55                        | 41                       | 1,54                        | 1  | 1,127755       | 1001,145 | 0,032136 |
| 797                               | 43                      | 58                        | 44                       | 2                           | 1  | 1,117048       | 1001,158 | 0,031831 |

Data Analisis dan Hasil Penelitian Pada Chimney 100 cm

| Intensitas<br>(W/m <sup>2</sup> ) | T <sub>in</sub><br>(°C) | T <sub>plat</sub><br>(°C) | T <sub>out</sub><br>(°C) | V <sub>angin</sub><br>(m/s) | ΔT | C <sub>p</sub> | ρ        | ṁ       |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|----|----------------|----------|----------|
| 218                               | 28                      | 35                        | 35                       | 1,01                        | 7  | 1,172715       | 1001,067 | 0,033417 |
| 221                               | 29                      | 36                        | 35                       | 1,02                        | 6  | 1,168832       | 1001,08  | 0,033306 |
| 239                               | 30                      | 36                        | 35                       | 1,03                        | 5  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 300                               | 30                      | 36                        | 35                       | 1,06                        | 5  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 322                               | 30                      | 36                        | 35                       | 1,12                        | 5  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 356                               | 30                      | 37                        | 36                       | 1,12                        | 6  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 383                               | 30                      | 37                        | 36                       | 1,14                        | 6  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 421                               | 30                      | 37                        | 37                       | 1,15                        | 7  | 1,164975       | 1001,093 | 0,033197 |
| 462                               | 32                      | 40                        | 34                       | 1,17                        | 2  | 1,157335       | 1001,119 | 0,032979 |
| 486                               | 32                      | 46                        | 34                       | 1,18                        | 2  | 1,157335       | 1001,119 | 0,032979 |
| 515                               | 32                      | 46                        | 34                       | 1,21                        | 2  | 1,157335       | 1001,119 | 0,032979 |
| 534                               | 35                      | 50                        | 39                       | 1,26                        | 4  | 1,146063       | 1001,158 | 0,032658 |
| 586                               | 35                      | 52                        | 39                       | 1,3                         | 4  | 1,146063       | 1001,158 | 0,032658 |
| 604                               | 35                      | 52                        | 39                       | 1,3                         | 4  | 1,146063       | 1001,158 | 0,032658 |
| 613                               | 37                      | 53                        | 41                       | 1,33                        | 4  | 1,138669       | 1001,184 | 0,032447 |
| 668                               | 38                      | 53                        | 42                       | 1,35                        | 4  | 1,135007       | 1001,197 | 0,032343 |
| 714                               | 40                      | 54                        | 42                       | 1,36                        | 2  | 1,127755       | 1001,224 | 0,032136 |
| 777                               | 41                      | 55                        | 43                       | 1,59                        | 2  | 1,124163       | 1001,237 | 0,032034 |

## Lampiran 4

### Data Efisiensi Kolektor

Data Efisiensi Kolektor Pada Chimney 10 cm

| Q        | H.A <sub>kol</sub> | $\eta$   |
|----------|--------------------|----------|
| 66,68482 | 655,0783           | 10,17967 |
| 100,0272 | 722,3731           | 13,84703 |
| 100,0272 | 789,2744           | 12,67331 |
| 33,12392 | 841,202            | 3,937689 |
| 99,69842 | 1124,876           | 8,863055 |
| 199,3968 | 1461,716           | 13,64128 |
| 265,8624 | 1711,379           | 15,53498 |
| 264,9914 | 1875,98            | 14,12549 |
| 264,9914 | 2160,716           | 12,26405 |
| 265,8624 | 2443,136           | 10,88201 |
| 264,9914 | 2622,535           | 10,1044  |
| 264,9914 | 2759,285           | 9,603627 |
| 264,9914 | 3159,119           | 8,388141 |
| 230,358  | 3438,348           | 6,699672 |
| 163,4772 | 3511,413           | 4,655595 |
| 130,3603 | 3758,224           | 3,468667 |
| 129,9414 | 4020,736           | 3,231782 |
| 129,5253 | 4442,359           | 2,915687 |

Data Efisiensi Kolektor Pada Chimney 30 cm

| Q        | H.A <sub>kol</sub> | 100      |
|----------|--------------------|----------|
| 33,45275 | 632,1035           | 5,29229  |
| 33,34241 | 739,7671           | 4,50715  |
| 33,34241 | 827,7917           | 4,027874 |
| 33,23281 | 1100,381           | 3,020118 |
| 66,24784 | 1203,096           | 5,506447 |
| 66,24784 | 1313,849           | 5,042273 |
| 66,0315  | 1719,61            | 3,839911 |
| 32,90828 | 1868,344           | 1,761361 |
| 32,80152 | 2048,722           | 1,601073 |
| 65,60304 | 2160,444           | 3,036554 |
| 32,69545 | 2646,749           | 1,235306 |
| 65,3909  | 2765,921           | 2,364164 |
| 32,59007 | 3000,861           | 1,086024 |
| 32,59007 | 3131,04            | 1,04087  |
| 65,18013 | 3214,255           | 2,027846 |
| 65,18013 | 4091,837           | 1,592931 |
| 32,48536 | 4280,081           | 0,758989 |
| 32,27797 | 4465,307           | 0,722861 |

Data Efisiensi Kolektor Pada Chimney 50 cm

| Q        | H.A <sub>kol</sub> | $\eta$   |
|----------|--------------------|----------|
| 33,45275 | 616,5338           | 5,425939 |
| 33,34241 | 688,5343           | 4,84252  |
| 33,34241 | 826,245            | 4,035414 |
| 33,23281 | 1094,852           | 3,03537  |
| 66,24784 | 1176,195           | 5,632386 |
| 66,24784 | 1453,098           | 4,559075 |
| 66,0315  | 1599,111           | 4,129264 |
| 32,90828 | 1706,154           | 1,928798 |
| 32,80152 | 1837,467           | 1,785148 |
| 65,60304 | 1910,331           | 3,434118 |
| 32,69545 | 2229,44            | 1,466532 |
| 65,3909  | 2590,131           | 2,524618 |
| 32,59007 | 3069,56            | 1,061718 |
| 32,59007 | 3197,898           | 1,019109 |
| 65,18013 | 3388,549           | 1,923541 |
| 65,18013 | 3912,801           | 1,665818 |
| 32,48536 | 4266,329           | 0,761436 |
| 32,27797 | 4493,133           | 0,718385 |

Data Efisiensi Kolektor Pada Chimney 70 cm

| Q        | H.A <sub>kol</sub> | $\eta$   |
|----------|--------------------|----------|
| 100,6886 | 673,2207           | 14,95625 |
| 66,90438 | 779,6159           | 8,581711 |
| 66,90438 | 991,1915           | 6,749894 |
| 167,2633 | 1152,857           | 14,50859 |
| 200,7159 | 1379,235           | 14,5527  |
| 166,7099 | 1532,045           | 10,88153 |
| 200,0518 | 1708,271           | 11,71078 |
| 200,0518 | 1816,913           | 11,01053 |
| 200,0518 | 1972,458           | 10,14226 |
| 233,3938 | 2365,902           | 9,864896 |
| 199,3997 | 2523,284           | 7,902388 |
| 199,3997 | 2668,598           | 7,472076 |
| 165,618  | 3045,953           | 5,437312 |
| 198,7416 | 3230,935           | 6,151211 |
| 198,7416 | 3523,932           | 5,639769 |
| 32,58843 | 3709,24            | 0,878574 |
| 32,1728  | 4142,721           | 0,77661  |
| 31,86786 | 4643,834           | 0,68624  |

Data Efisiensi Kolektor Pada Chimney 100 cm

| Q        | H.A <sub>kol</sub> | $\eta$   |
|----------|--------------------|----------|
| 234,1692 | 625,0913           | 37,4616  |
| 200,0545 | 673,9026           | 29,68597 |
| 166,164  | 772,1404           | 21,51992 |
| 166,164  | 1023,356           | 16,23717 |
| 166,164  | 1156,184           | 14,37176 |
| 199,3968 | 1341,769           | 14,86074 |
| 199,3968 | 1511,443           | 13,19248 |
| 232,6296 | 1735,609           | 13,40334 |
| 66,0315  | 1985,61            | 3,325502 |
| 66,0315  | 2173,39            | 3,038181 |
| 66,0315  | 2392,147           | 2,760345 |
| 130,7818 | 2572,269           | 5,084297 |
| 130,7818 | 2922,882           | 4,474413 |
| 130,7818 | 3115,02            | 4,198425 |
| 129,9414 | 3231,264           | 4,021379 |
| 129,5253 | 3669,275           | 3,529997 |
| 64,35052 | 4040,523           | 1,592628 |
| 64,14642 | 4525,063           | 1,417581 |



## Lampiran 5

### Data Efisiensi Sistem

Data Efisiensi Sistem Pada Chimney 10 cm

| $P_{ele}$ | $H_t.A_{kol}$ | $\eta$   |
|-----------|---------------|----------|
| 0,036631  | 507,15        | 0,007584 |
| 0,02911   | 524,79        | 0,005824 |
| 0,02911   | 524,79        | 0,005824 |
| 0,014411  | 586,53        | 0,00258  |
| 0,014411  | 590,94        | 0,002561 |
| 0,014411  | 1049,58       | 0,001442 |
| 0,007111  | 1062,81       | 0,000703 |
| 0,021474  | 1353,87       | 0,001665 |
| 0,042666  | 1680,21       | 0,002666 |
| 0,056888  | 2385,81       | 0,002504 |
| 0,0567    | 2509,29       | 0,002373 |
| 0,056148  | 2778,3        | 0,002122 |
| 0,056148  | 2778,3        | 0,002122 |
| 0,048809  | 2778,3        | 0,001845 |
| 0,034413  | 2928,24       | 0,001234 |
| 0,027353  | 3012,03       | 0,000954 |
| 0,027091  | 3131,1        | 0,000908 |
| 0,026747  | 3364,83       | 0,000835 |

Data Efisiensi Sistem Pada Chimney 30 cm

| $P_{ele}$ | $H_t.A_{kol}$ | $\eta$   |
|-----------|---------------|----------|
| 0,082895  | 899,64        | 0,009675 |
| 0,082347  | 1102,5        | 0,007843 |
| 0,082347  | 1331,82       | 0,006492 |
| 0,081804  | 1411,2        | 0,006087 |
| 0,162534  | 1777,23       | 0,009603 |
| 0,162534  | 1852,2        | 0,009214 |
| 0,16147   | 1927,17       | 0,008798 |
| 0,080208  | 2412,27       | 0,003491 |
| 0,079687  | 2513,7        | 0,003329 |
| 0,159373  | 2650,41       | 0,006314 |
| 0,07917   | 2676,87       | 0,003105 |
| 0,15834   | 2690,1        | 0,00618  |
| 0,078658  | 3175,2        | 0,002601 |
| 0,078658  | 3201,66       | 0,00258  |
| 0,157317  | 3289,86       | 0,005021 |
| 0,157317  | 3342,78       | 0,004941 |
| 0,078152  | 3391,29       | 0,00242  |
| 0,077153  | 3722,04       | 0,002177 |

Data Efisiensi Sistem Pada Chimney 50 cm

| $P_{ele}$ | $H_t.A_{kol}$ | $\eta$   |
|-----------|---------------|----------|
| 0,137245  | 1777,23       | 0,007722 |
| 0,137245  | 1816,92       | 0,007554 |
| 0,545362  | 2381,4        | 0,022901 |
| 0,541779  | 2676,87       | 0,020239 |
| 0,538232  | 3003,21       | 0,017922 |
| 0,13238   | 3435,39       | 0,003853 |
| 0,131951  | 3461,85       | 0,003812 |
| 0,263901  | 3589,74       | 0,007352 |
| 0,263901  | 3620,61       | 0,007289 |
| 0,263901  | 3757,32       | 0,007024 |
| 0,263901  | 3810,24       | 0,006926 |
| 0,263047  | 3836,7        | 0,006856 |
| 0,263047  | 3969          | 0,006628 |
| 0,263047  | 3982,23       | 0,006606 |
| 0,262195  | 4021,92       | 0,006519 |
| 0,262195  | 4110,12       | 0,006379 |
| 0,129416  | 4215,96       | 0,00307  |
| 0,128589  | 4317,39       | 0,002978 |

Data Efisiensi Sistem Pada Chimney 70 cm

| $P_{ele}$ | $H_t.A_{kol}$ | $\eta$   |
|-----------|---------------|----------|
| 0,976828  | 1345,05       | 0,072624 |
| 0,970334  | 1631,7        | 0,059468 |
| 1,164401  | 1918,35       | 0,060698 |
| 0,967107  | 2429,91       | 0,0398   |
| 1,160528  | 2879,73       | 0,0403   |
| 0,960717  | 2963,52       | 0,032418 |
| 1,152861  | 3016,44       | 0,038219 |
| 1,152861  | 3073,77       | 0,037506 |
| 1,152861  | 3100,23       | 0,037186 |
| 1,345004  | 3276,63       | 0,041048 |
| 1,145261  | 3356,01       | 0,034126 |
| 1,145261  | 3457,44       | 0,033125 |
| 0,948114  | 3673,53       | 0,025809 |
| 1,137737  | 3713,22       | 0,03064  |
| 1,137737  | 4048,38       | 0,028104 |
| 0,929714  | 4105,71       | 0,022644 |
| 1,276598  | 4339,44       | 0,029418 |
| 1,620486  | 4498,2        | 0,036025 |

Data Efisiensi Sistem Pada Chimney 100 cm

| $P_{ele}$ | $H_t.A_{kol}$ | $\eta$   |
|-----------|---------------|----------|
| 1,934219  | 2143,26       | 0,090247 |
| 1,646941  | 2354,94       | 0,069936 |
| 1,363407  | 2584,26       | 0,052758 |
| 1,363407  | 2879,73       | 0,047345 |
| 1,363407  | 3373,65       | 0,040413 |
| 1,636088  | 3400,11       | 0,048119 |
| 1,636088  | 3426,57       | 0,047747 |
| 1,90877   | 3492,72       | 0,05465  |
| 2,167146  | 3528          | 0,061427 |
| 2,167146  | 3541,23       | 0,061198 |
| 2,160018  | 3642,66       | 0,059298 |
| 2,138978  | 3664,71       | 0,058367 |
| 2,138979  | 3669,12       | 0,058297 |
| 1,859374  | 3691,17       | 0,050374 |
| 1,310987  | 3730,86       | 0,035139 |
| 1,042034  | 3986,64       | 0,026138 |
| 1,032036  | 4268,88       | 0,024176 |
| 1,025442  | 4454,1        | 0,023022 |

## Lampiran 6

### Contoh Perhitungan

| $H_0$ | $T_i$ | $T_{kol}$ | $T_{out}$ | $V_{angin}$ | $\Delta T$ | $\rho$   | $C_p$    | $\dot{m}$ |
|-------|-------|-----------|-----------|-------------|------------|----------|----------|-----------|
| 221   | 26    | 33        | 31        | 0,01        | 5          | 1,176624 | 1001,053 | 0,134114  |

Harga kerapatan udara ( $\rho$ ) dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{P}{RT}$$

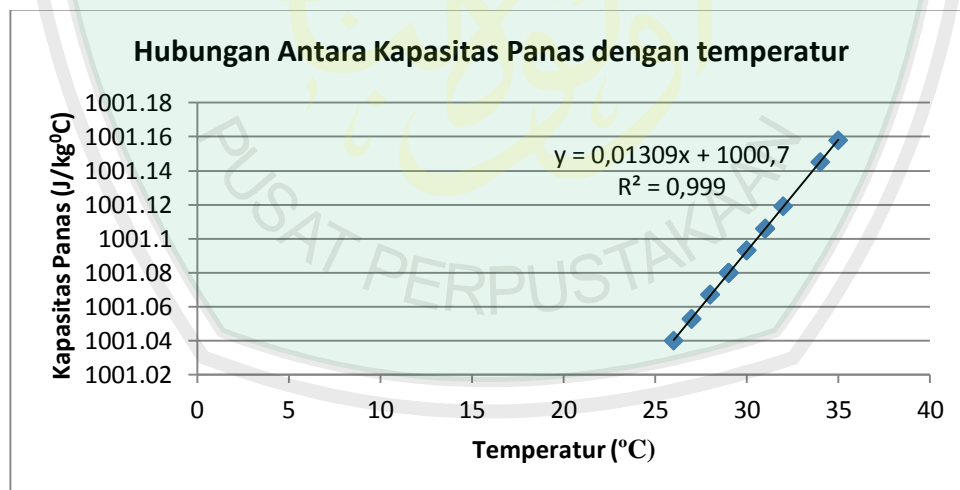
dimana,

P adalah tekanan dengan nilai 101325 Pa

R adalah konstanta gas untuk udara (287,05 J/kg<sup>o</sup>K)

T adalah suhu masuk kolektor dalam satuan kelvin

Sedangkan kapasitas panas dengan temperatur dapat menggunakan persamaan garis sebagai berikut:



$$y = 0,01309x + 1000,7$$

dimana y adalah kapasitas panas (J/kg<sup>o</sup>C) dan x adalah temperatur masuk.

Untuk menghitung laju aliran massa udara, dengan menggunakan persamaan

berikut:

$$\dot{m} = \rho \cdot A_{chi} \cdot V_f$$

dimana  $A_{chi} = \pi(r)^2 = 3,14(5,5 \text{ cm})^2 = 94,985 \text{ cm}^2 = 0,0094985 \text{ m}^2$  dan saya asumsikan untuk kecepatan aliran fluida ( $v_f$ ) yaitu 3 m/s.

| $H_0$ | $H_b$   | $H_d$  | $H$    | $H_{ref}$ |
|-------|---------|--------|--------|-----------|
| 221   | 77,2225 | 6,3595 | 83,582 | 17,84476  |

Untuk mendapatkan intensitas yang masuk dalam kolektor, dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$H_t = H_{ref} + H_1 + H_2$$

$H_{ref}$  bisa dihitung dengan persamaan:

$$H_{ref} = 0,25 \cdot H \cdot R_r$$

Dimana  $H = H_b + H_d$

| $R_b$    | $R_d$    | $H_1$    | $H_2$    | $H_t$    |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,297154 | 83,87915 | 20,83429 | 25,17298 | 63,85203 |

Sedangkan untuk mencari  $H_1, H_2$  dapat menggunakan persamaan berikut:

$$H_1 = H_b R_b (\tau \alpha)_b + H_b \left[ \frac{H_b}{H_0} R_b + \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{H_b}{H_0} \right) (1 + \cos \beta) \right] (\tau \alpha)_d$$

$$H_2 = H_b R_b (\alpha)_b + H_d \left[ \frac{H_b}{H_0} R_b + \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{H_b}{H_0} \right) (1 + \cos \beta) \right] (\alpha)_d + \frac{1}{2} \rho H (1 - \cos \beta) \alpha_r$$

Dimana  $H_b = \tau \cdot H_0$ , diasumsikan transmisi kaca ( $\tau$ ) adalah 0,85.

$H_d = \sigma \cdot H_0$ , diasumsikan absorpsi kaca ( $\sigma$ ) adalah 0,07.

| $Q$      | $H_t \cdot A_{kol}$ | $\eta$   |
|----------|---------------------|----------|
| 168,3781 | 268,1785            | 62,78583 |

Energi panas yang dihasilkan ( $Q$ ) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Sedangkan persamaan yang digunakan untuk mencari efisiensi termal kolektor

adalah: 
$$\eta = \frac{Q}{H_t \cdot A_{kol}}$$

dimana,  $A_{kol}$  = Luas trapesium =  $A_1 + A_2$  , dan H adalah intensitas matahari yang masuk kolektor.

$$A_1 = \frac{(40+100)80}{2} = 5600 \text{ cm}^2 = 0,56 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{1}{2} \cdot [\text{Sirip 1} + \text{sirip 2} + \text{sirip 3} + \text{sirip 4} + \text{sirip 5} + \text{sirip 6} + \text{sirip 7}] \cdot 10 \\ &= \frac{1}{2} \cdot [(40+55) + (50+65) + (60+75) + (70+85) + (80+95) + (90+105) + (100+ \\ &\quad 115)] \cdot 10 \\ &= 5425 \text{ cm}^2 - 525 = 4900 \text{ cm}^2 = 0,49 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Karena setiap sirip dilubangi, dimana pada sirip 1 jumlah lubangnya 2, sirip 2 jumlah lubangnya 3, sirip 3 jumlah lubangnya 4, sirip 4 jumlah lubangnya 5, sirip 6 jumlah lubangnya 7, dan sirip 7 jumlah lubangnya 8, dengan ukuran setiap lubangnya 5 x 3 cm. Maka, ukuran bagian dari sirip yang terbuang adalah 525 cm<sup>2</sup>. Jadi, luas kolektor seluruhnya adalah  $A_{kol} = A_1 + A_2 = 0,56 + 0,49 = 1,05 \text{ m}^2$   
 $= 1,05 \times 4 = 4,2 \text{ m}^2$

| $P_{ele}$ | $H \cdot A_{kol}$ | $\eta$   |
|-----------|-------------------|----------|
| 0,036631  | 507,15            | 0,007584 |

Untuk mencari nilai efisiensi sistem, pertama harus mencari daya elektrik yang dihasilkan oleh sistem tersebut. Dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_{ele} = \frac{2}{3} \cdot \eta_{kol} \cdot \frac{g}{C_p \cdot T_0} \cdot H_c \cdot A_{kol} \cdot H$$

Dimana,  $H_c$  adalah tinggi *chimney* dan H adalah intensitas matahari.



Selanjutnya, untuk mencari efisiensi sistem dapat menggunakan persamaan

berikut:

$$\eta = \frac{P_{ele}}{H.A_{kol}}$$

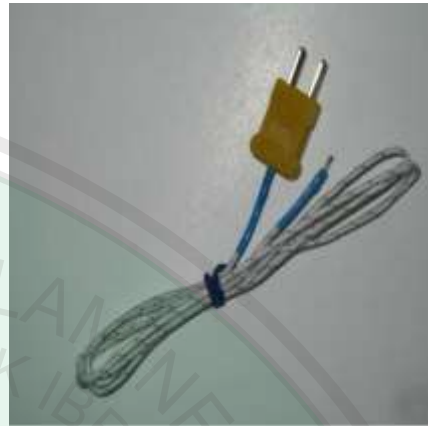


## Lampiran 7

### Dokumentasi



Gambar 1. Anemometer



Gambar 2. Termokopel



Gambar 3. Luxmeter



Gambar 4. Multimeter



Gambar 5. Rancangan *Solar Chimney*



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gujrayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : LESTARI INDRIA SARI  
NIM : 12640041  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Rancang Bangun *Solar Chimney* Sebagai Alat Pengkonversi Energi Surya Menjadi Energi Mekanik Dengan Kolektor Bersirip  
Pembimbing I : Farid Samsu Hananto, M.T  
Pembimbing II : Dr. Agus Mulyono, S.Pd, M.Kes

| No  | Tanggal          | Materi                                 | TandaTangan |
|-----|------------------|--|-------------|
| 1.  | 20 Januari 2016  | Konsultasi Bab I                       |             |
| 2.  | 22 Januari 2016  | Konsultasi Bab II                      |             |
| 3.  | 01 Februari 2016 | Konsultasi Bab III                     |             |
| 4.  | 05 Mei 2016      | Konsultasi Data                        |             |
| 5.  | 07 Mei 2016      | Konsultasi Bab IV                      |             |
| 6.  | 31 Mei 2016      | Konsultasi Bab IV dan V                |             |
| 7.  | 01 Juni 2016     | Konsultasi Kajian Agama                |             |
| 8.  | 02 Juni 2016     | Konsultasi Kajian Agama dan Acc        |             |
| 9.  | 03 Juni 2016     | Konsultasi Abstrak                     |             |
| 10. | 05 Juni          | Konsultasi Semua Bab, Abstrak, dan Acc |             |

Malang, 06 Juni 2016  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 198111192008012009