

# **TUGAS AKHIR**

## **PEMBUATAN *SOLAR WATER HEATER DOUBLE SLOPE* DENGAN SISTEM KATUP AIR OTOMATIS**

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

**Disusun Oleh:**

**TOTO HERDIANTO TUMANGGOR**  
**1607230002**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

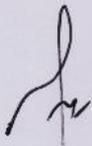
Nama : Toto Herdianto Tumanggor  
NPM : 1607230002  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Pembuatan *Solar Water Heater Double Slope* Dengan Sistem  
Katup Air Otomatis  
Bidang Ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

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

Medan, Oktober 2021

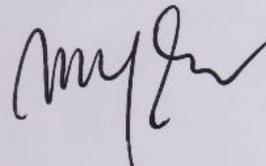
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



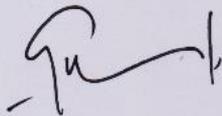
H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji



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

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



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

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Toto Herdianto Tumanggor  
Tempat /Tanggal Lahir : Riau / 23 Maret 1998  
NPM : 1607230002  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Pembuatan Solar Water Heater Double Slope Dengan Sistem Katup Air Otomatis”,**

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

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

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

Medan, Oktober 2021



ang menyatakan,

Toto Herdianto Tumanggor

## ABSTRAK

Energi surya merupakan energi yang ramah lingkungan dan didapat secara gratis. Tenaga surya merupakan energi alternatif yang aman dikarenakan kemampuannya untuk mengganti bahan bakar fosil seperti batubara dan gas yang sering mencemari udara, air dan tanah. Dari permasalahan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk membuat *solar water heater double slope* dengan sistem katup air otomatis menggunakan mikrokontroller arduino uno sebagai media pembaca sensor. Dengan tujuan merancang sistem sirkulasi air secara otomatis berdasarkan temperatur. Hasil dari pembuatan *solar water heater* yang dibuat dapat menangkap dan menyimpan panas di dalam saluran pipa berbentuk sarang madu. Saat cuaca cerah proses pemanasan air pada saluran pipa pelat datar lebih cepat daripada ketika cuaca berawan. Hal ini dikarenakan suhu yang didapatkan dari radiasi cahaya matahari langsung lebih tinggi daripada saat radiasi cahaya matahari terhalang oleh awan.

Kata kunci : sarang madu, pemanas air, penyerapan panas.

## **ABSTRACT**

*Solar energy is environmentally friendly energy and is obtained free of charge. Solar power is a safe alternative energy because of its ability to replace fossil fuels such as coal and gas which often pollute the air, water and soil. From the above problems, this research was conducted to make a double slope solar water heater with an automatic water valve system using an Arduino Uno microcontroller as a sensor reading medium. With the aim of designing an automatic water circulation system based on temperature. The result of making a solar water heater that is made can capture and store heat in a honeycomb-shaped pipeline. When the weather is sunny the process of heating water in flat plate pipelines is faster than when the weather is cloudy. This is because the temperature obtained from direct sunlight is higher than when solar radiation is blocked by clouds.*

*Keywords: honeycomb, water heater, heat absorption.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Pembuatan *Solar Water Heater Double Slope* Dengan Sistem Katup Air Otomatis” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Chandra A Siregar, ST, MT selaku Dosen Pembimbing sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak H. Muharnif S.T., M.Sc, selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak M. Yani S.T., M.T, selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Kadiman Tumanggor dan Sulasmi AMKeB, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Fahri Ahmad Thahir S.T, Arie Pranata S.T, Arimuddin, Galih Eka Dermawan S.T, Wahyu Priawan S.T dan lain-lain yang tidak mungkin disebutkan namanya satu per satu, penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Abangda Abdul Gani Harahap S.T yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini, dan ucapan terima kasih terkhusus kepada adinda tersayang Edelwiz Sembiring Amd, yang selalu memberikan motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi dan manufaktur teknik mesin.

Medan, Oktober 2021



Toto Herdianto Tumanggor

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1. Tenaga Surya	4
2.1.1. Pemanfaatan Energi Surya	4
2.2. Prinsip Kerja Panel Surya ( <i>Photovoltaic</i> )	11
2.2.1. Karakteristik Energi Panel Surya	11
2.3. Pemanas Air	13
2.3.1. Jenis-jenis Kolektor Surya	14
2.4. Jenis-jenis Alat Pemanas Air Tenaga Surya	16
2.5. Proses Manufaktur	18
2.5.1. Proses Pemesinan	18
2.6. <i>Solenoid Valve</i>	19
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>21</b>
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.2 Bahan dan Alat	22
3.2.1 Bahan	22
3.2.2 Alat	25
3.3 Bagan Alir Penelitian	29
3.4 Rancangan Alat Penelitian	30
3.5 Prosedur Penelitian	31
3.6 Prosedur Pembuatan	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>35</b>
4.1 Hasil Pembuatan	35
4.1.1 Hasil Perancangan Saluran Pipa <i>Honeycomb</i>	35
4.1.2 Perancangan Kolektor <i>Honeycomb</i>	36
4.1.3 Perancangan Rangka	36
4.1.4 Perencanaan Kaca	37

4.1.5 Perancangan Jalur Aliran	37
4.2 Pembahasan	38
4.2.1 Pembuatan <i>Honeycomb</i>	38
4.2.2 Merekatkan <i>Honeycomb</i>	38
4.2.3 Pembuatan Rangka <i>Honeycomb</i>	39
4.2.4 Pengujian <i>Honeycomb</i>	39
4.2.5 Melubangi Rangka <i>Honeycomb</i>	40
4.2.6 Pemasangan Sensor	40
4.2.7 Pemasangan Kaca Penutup	41
4.2.8 Membuat Rangkaian Sensor	42
4.2.9 Membuat Program Sensor	42
4.2.10 Percobaan Sensor	43
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

21

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Photovoltaic Cell</i>	5
Gambar 2.2 <i>Solar Water Heater</i>	6
Gambar 2.3 <i>Solar Cooker</i>	6
Gambar 2.4 <i>Solar Drier</i>	7
Gambar 2.5 <i>Solar Ponds</i>	7
Gambar 2.6 <i>Solar Architecture</i>	8
Gambar 2.7 <i>Solar Air-Conditioning</i>	9
Gambar 2.8 <i>Solar Chimney</i>	9
Gambar 2.9 <i>Solar Distillation Water</i>	10
Gambar 2.10 <i>Solar Power Plant</i>	10
Gambar 2.11 Prinsip Kerja Panel Surya	11
Gambar 2.12 Kurva Karakteristik I-V Sel Surya	12
Gambar 2.13 Kurva Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari	12
Gambar 2.14 Kurva Pengaruh Intensitas Temperatur	13
Gambar 2.15 Saluran Pipa Surya Prismatic	15
Gambar 2.16 Skema Saluran Pipa Surya Plat datar	16
Gambar 2.17 Pemanas air tenaga surya sistem <i>thermosypon</i>	17
Gambar 2.18 Pemanas air tenaga surya sistem aktif	18
Gambar 2.19 <i>Solenoid Valve</i>	20
Gambar 2.20 Siklus kerja <i>solar water heater</i>	20
Gambar 3.1 Kaca	22
Gambar 3.2 <i>Honeycomb</i>	22
Gambar 3.3 <i>Solenoid Water Valve</i>	23
Gambar 3.4 Pipa PVC	23
Gambar 3.5 <i>Arduino Uno</i>	23
Gambar 3.6 Sensor Suhu DS18B20	24
Gambar 3.7 Lcd 20x4	24
Gambar 3.8 Plat aluminium	25
Gambar 3.9 Baja siku	25
Gambar 3.10 Mesin las	26
Gambar 3.11 Gerinda tangan	26
Gambar 3.12 Bor tangan	26
Gambar 3.13 <i>Flow Meter</i>	27
Gambar 3.14 <i>Silicon</i>	27
Gambar 3.15 Pemotong kaca ( <i>glass cutter</i> )	27
Gambar 3.16 Meteran	28
Gambar 3.17 Penggaris siku	28
Gambar 3.18 Bagan Alir Penelitian	29
Gambar 3.19 Rancangan Alat Penelitian	30
Gambar 3.20 Memotong Plat Aluminium	32
Gambar 3.21 Membuat dan Merekatkan <i>Honeycomb</i>	32
Gambar 3.22 Menyusun Tabung Saluran Pipa	33
Gambar 3.23 Memotong Dudukan <i>Honeycomb</i>	33
Gambar 3.24 Mengelas Rangka <i>Solar Water Heater</i>	33
Gambar 3.25 Menambal Permukaan Saluran Pipa Panas	34
Gambar 3.26 Perakitan Seluruh Rangkaian	34

Gambar 3.27 Pengujian Alat	34
Gambar 4.1 Hasil Pembuatan <i>Solar Water Heater Double Slope</i>	35
Gambar 4.2 Perancangan Saluran Pipa <i>Honeycomb</i>	35
Gambar 4.3 Perancangan Kolektor <i>Honeycomb</i>	36
Gambar 4.4 Perancangan Rangka	36
Gambar 4.5 Perencanaan Kaca	37
Gambar 4.6 Perancangan Jalur Aliran	37
Gambar 4.7 Pembuatan <i>Honeycomb</i>	38
Gambar 4.8 Merekatkan <i>Honeycomb</i>	39
Gambar 4.9 Pembuatan Rangka <i>Honeycomb</i>	39
Gambar 4.10 Pengujian <i>Honeycomb</i>	40
Gambar 4.11 Melubangi Rangka <i>Honeycomb</i>	40
Gambar 4.12 Pemasangan Sensor	41
Gambar 4.13 Pemasangan Kaca Penutup	41
Gambar 4.14 Pembuatan Rangkaian Sensor Arduino UNO	42
Gambar 4.15 Pembuatan Program Sensor	42
Gambar 4.16 Uji Coba Sensor	43
Gambar 4.17 Proses Kerja <i>Solar Water Heater</i>	44
Gambar 4.18 Mekanisme Kerja Sistem Kontrol	45

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
kW	Kilo Watt	
%	Persen	
°	Derajat	C
m	Meter	
cm	Centimeter	
mm	Milimeter	
n	Negatif	
p	Positif	
WP	Watt Peak	W/m <sup>2</sup>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penggunaan bahan bakar fosil secara luas yang diikuti dengan pembalakan hutan besar-besaran mengakibatkan pemanasan global akibat gas rumah kaca yang tidak dapat dikendalikan (Gullison, et al., 2007). Efek negatif tersebut berakibat lebih jauh dengan mencairnya es di kutub utara dan selatan, naiknya permukaan air laut, hilangnya spesies-spesies makhluk hidup serta hutan-hutan yang produktif akibat hujan asam. Penyusutan es merupakan efek yang dianggap paling nyata. Pengamatan satelit di arktik sejak 1979 menunjukkan bahwa pada bulan September tahun 2007, es yang ada menyusut dibanding pada tahun-tahun sebelumnya (Kerr, 2007).

Energi surya merupakan energi yang ramah lingkungan dan didapat secara gratis. Indonesia sebagai negara yang terletak digaris katulistiwa mempunyai periode untuk memanfaatkan matahari lebih besar baik secara kuantitas maupun kualitasnya dibanding dengan kawasan yang tidak dilintasi oleh garis katulistiwa. Indonesia, salah satu negara yang dilintasi garis khatulistiwa, tentunya memiliki potensi yang sangat besar dalam pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh cahaya matahari. Hingga hari ini, Indonesia baru dapat memanfaatkan energi surya sekitar 10 MWp. Padahal, di negara tropis yang memiliki luas seperti Indonesia, dapat menghasilkan energi surya pada kisaran 112.000 GWp. Hal ini yang seharusnya menjadi salah satu fokus utama pemerintah untuk memaksimalkan peluang ini.

Tenaga surya merupakan energi alternatif yang aman dikarenakan kemampuannya untuk mengganti bahan bakar fosil seperti batubara dan gas yang sering mencemari udara, air dan tanah. *World Wildlife Fund* (WWF) mengemukakan bahwa listrik yang dihasilkan oleh fosil menyebabkan polusi udara yang akan bercampur dengan air hujan, menghancurkan area hutan, dan mempengaruhi sektor pertanian, hal ini tentunya akan memakan biaya yang berlebih. (Kinal, Vijayalaxmi.2011).

*Solar water heater* (SWH), merupakan suatu alat yang memanfaatkan panas dari sinar matahari untuk menaikkan suhu air, dengan menggunakan penggumpul-

pengumpul panas yang di sebut kolektor plat (Caleiss Matthieu, 2014). Maka dari itu, perlu sebuah inovasi yang dapat meminimalisir persoalan tersebut. (Matthieu, Calaeiss. 2014). Tahapan pembuatan komponen elektronika, komponen elektronika yang digunakan adalah arduino UNO dan diprogram untuk melakukan monitoring suhu air pada saluran pipa *honeycomb* yang dipanaskan oleh matahari. Pada sisi konstruksi, *solar water heater* dibuat menggunakan baja siku, baja UNP dan plat alumunium.

*Water flow sensor* ini terbuat dari plastik dimana di dalamnya terdapat rotor dan sensor *hall effect*. Saat air mengalir melewati rotor, rotor akan berputar. Kecepatan putaran ini akan sesuai dengan besarnya aliran air. *Output* dari sensor *hall effect* merupakan pulsa. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal selain jalur 5 VDC dan *ground*. *Solenoid valve* merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik AC maupun DC melalui kumparan atau selenoida. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. *Solenoid valve* akan bekerja bila kumparan/koil mendapatkan tegangan arus listrik yang sesuai dengan tegangan kerja.

(Siregar, C. A., & Siregar, A. M. 2019) melakukan penelitian pengaruh kemiringan sudut terhadap alat destilasi air laut memanfaatkan energi matahari menggunakan kolektor plat datar dengan fiber hitam, kaca penutup setebal 3 mm dan variasi kemiringan sudut yakni 30°, 40° dan 50°. Dari hasil pengujian yang dilakukan menyatakan penyerapan panas dan proses perpindahan panas radiasi tertinggi terletak pada kemiringan sudut 30°.

(Siregar C. A., 2020) melakukan penelitian terhadap ACWH berkapasitas 60 liter memanfaatkan pipa kapiler bersirip sebagai penghantar panas dengan tipe *Shell Helical-Coil* berdiameter 15 cm dan panjang lilitan 16 m. Pengujian dilakukan dengan durasi 60 menit dan dinyatakan bahwa temperatur air pada tanki diperoleh dengan pengujian temperatur evaporator AC 18°C dengan nilai temperatur air yang dihasilkan sebesar 55°C. Sedangkan temperatur air terendah dihasilkan dari pengujian evaporator AC 20°C dengan nilai 52,75°C.

Dengan latar belakang ini, maka penelitian yang dilakukan sebagai tugas sarjana dengan judul: “**Pembuatan *Solar Water Heater Double Slope* Dengan Sistem Katup Air Otomatis**”.

#### 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah, dapat di rumuskan masalahnya yaitu :

Bagaimana membuat *solar water heater double slope* dengan sistem katup air otomatis.

#### 1.3. Ruang Lingkup

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

1. Membuat *solar water heater double slope*
2. Mikrokontroller yang digunakan arduino uno
3. Menggunakan sistem katup air otomatis

#### 1.4. Tujuan

1. Untuk membuat *solar water heater double slope* dengan sistem katup air otomatis.
2. Untuk merancang sistem sirkulasi air secara otomatis berdasarkan temperatur

#### 1.5. Manfaat

1. *Solar water heater* yang dibuat dapat digunakan untuk model dalam membuat *solar water heater* oleh masyarakat luas
2. Mengurangi penggunaan bahan bakar fosil secara luas dan pembalakan hutan besar-besaran mengakibatkan pemanasan global akibat gas rumah kaca

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tenaga Surya

Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang melimpah ketersediaannya. Energi surya mencapai permukaan bumi dengan menggunakan prinsip perpindahan panas radiasi. Energi surya pemanfaatannya banyak digunakan sebagai kehidupan manusia, tumbuhan bahkan sebagai sumber penggerak industri. Terkhusus untuk sistem *solar water heater* pemanfaatannya yaitu untuk memanaskan air yang terdiri dari *plate absorber* dan rangkaian pipa penghubung untuk mengalirkan air panas dari panel kolektor ke *storage*. Kolektor surya adalah komponen kunci dari sistem pemanas air matahari. Proses yang dilakukan yaitu mengumpulkan energi matahari, mengubah radiasi menjadi panas, dan kemudian mentransfer panas yang dihasilkan ke cairan. Ada banyak jenis kolektor surya yang dapat digunakan yaitu kolektor plat datar dan jenis kolektor *parabolic concentrator* (Ezeilo, 1998).

##### 2.1.1. Pemanfaatan Energi Surya

Penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia, kemajuan teknologi dan lain-lain. Namun hal ini berbanding terbalik dengan ketersediaan sumber daya alam tersebut. Sehingga para ilmuwan telah mencoba mengembangkan potensi sumber daya alam yang dapat diperbaharui contohnya air, angin dan energi surya. Pemanfaatan energi surya terbagi menjadi dua macam, yaitu :

###### 1. Pemanfaatan *Photovoltaic Cell*

Pemanfaatan energi surya ini bertujuan untuk menghasilkan energi listrik dengan mengubah energi surya menjadi energi listrik yang memiliki efisiensi sekitar 10%. Pemanfaatan energi surya dengan memanfaatkan teknologi *photovoltaic cell* seperti yang terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Photovoltaic Cell*

Menurut (Chenni. 2007), *photovoltaic cell* dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai *cell* maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan (M. Rif'an dkk, 2012).

## 2. Pemanfaatan Termal

Terdapat sembilan pemanfaatan termal terbesar yang sudah dilakukan dan diterapkan di beberapa negara yaitu :

### a. *Solar Water Heater*

Prinsip kerja pemanas air tenaga surya adalah memanaskan air dengan energi surya. Air dialirkan ke pipa-pipa yang pipih, biasanya dicat warna hitam untuk memaksimalkan penyerapan energi surya. Air yang telah mencapai suhu yang diinginkan disimpan ke sebuah silinder sebagai tempat penyimpanan. Pemanas air tenaga surya juga dilengkapi beberapa sensor untuk menjaga suhu air yang diinginkan. Pemanas air tenaga surya juga dapat memanaskan air menggunakan listrik jika cuaca hujan atau mendung. Pemanas air tenaga surya seperti yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Solar Water Heater* (Tang, 2011)

b. *Solar Cooker*

*Solar cooker* adalah alat memasak yang menggunakan energi surya. *Solar cooker* ini juga memiliki berbagai bentuk konstruksi. Beberapa bentuk memiliki cara kerja yang sedikit berbeda, tapi pada prinsipnya *solar cooker* menggunakan energi surya, dan diubah menjadi energi panas untuk memasak makanan. *Solar cooker* seperti yang terlihat pada gambar 2.3.

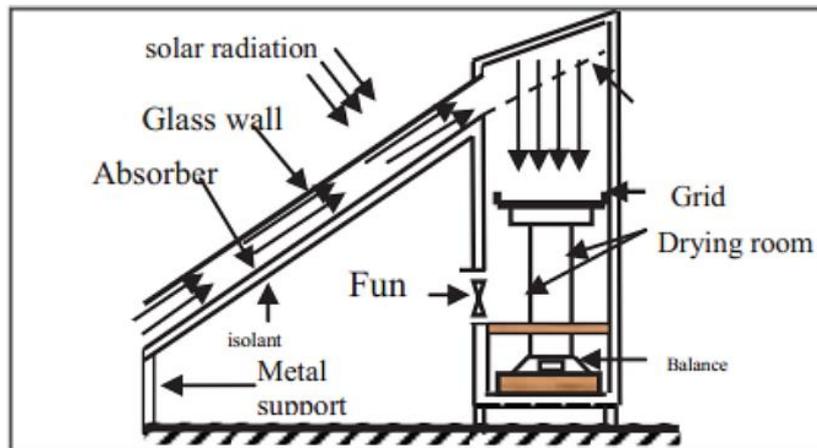


Gambar 2.3 *Solar Cooker* (Channiwala, 1989)

c. *Solar Drier*

Pada negara-negara berkembang, produk-produk pertanian dan perkebunan sering dikeringkan menggunakan tenaga matahari. Konsep inilah yang digunakan sebagai acuan untuk menciptakan *solar drier*.

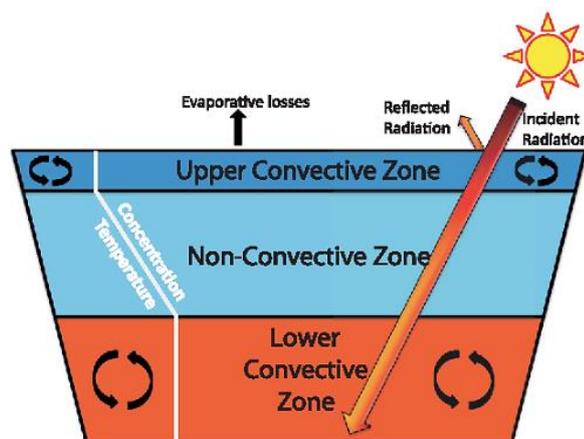
Cara kerja alat ini adalah udara yang masuk ke dalam kolektor akan dipanaskan oleh energi surya, udara yang telah panas kemudian masuk ke dalam kotak pengering, kotak pengering inilah yang diisi produk-produk pertanian yang akan dikeringkan. *Solar drier* seperti yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Solar Drier* (Choica, 2014)

d. *Solar Ponds*

*Solar ponds* tergolong ke dalam aplikasi teknologi tenaga surya yang memiliki skala cukup besar. Cara kerja alat ini adalah garam yang mengendap di dasar dan disinari matahari akan bertambah panas. Panas ini digunakan untuk memutar turbin. Menggunakan prinsip *rankine* organik. Gambar 2.5 memperlihatkan konstruksi *solar ponds*.



Gambar 2.5 *Solar Ponds* (Simic, 2016)

e. *Solar Architecture*

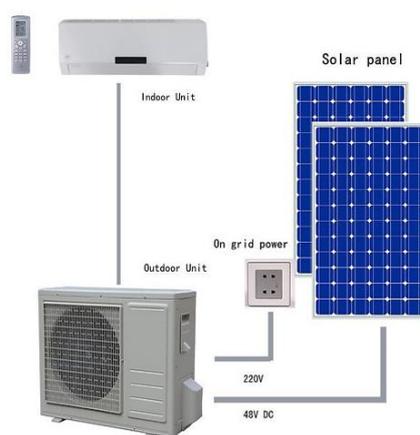
Dalam bidang arsitektur, pemanfaatan energi surya telah dikembangkan. Pemanfaatan dalam bidang ini sudah cukup banyak diterapkan di Jepang. Dari segi artistik juga mendapatkan tanggapan positif demikian juga dari segi pemanfaatan energi termalnya. Fungsi dari *solar architecture* adalah untuk membuat ruangan menjadi nyaman. Gambar 2.6 menunjukkan desain perumahan yang berdasar pada *solar architecture*.



Gambar 2.6 *Solar Architecture*

f. *Solar Air-Conditioning*

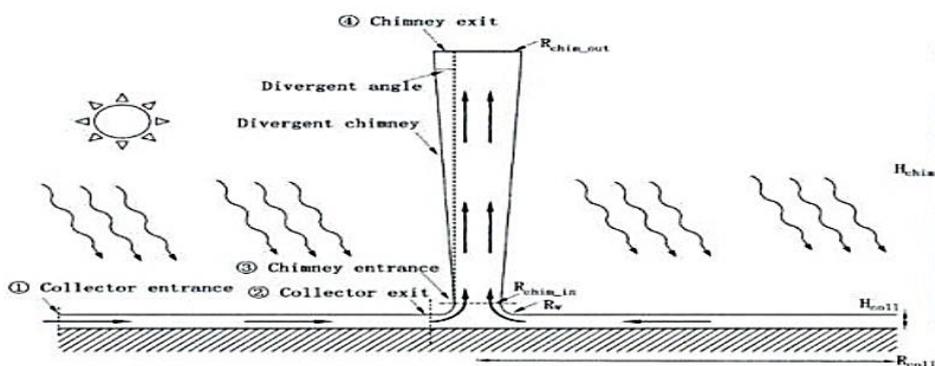
Penggunaan *air-conditioning* mencapai puncaknya pada saat matahari terik atau panas. Inilah yang dimanfaatkan menjadi *solar air-conditioning*. Cara kerja alat ini dengan menggunakan kolektor tabung hampa panas yang memanaskan air untuk menggerakkan sebuah *chiller* penyerapan sinar matahari secara langsung. Udara digunakan sebagai pendingin. Dengan teknologi ini juga, kerusakan atmosfer dapat dihindarkan. Gambar 2.7 menunjukkan bagian-bagian *solar air conditioning*.



Gambar 2.7 Solar Air-Conditioning

g. *Solar Chimney*

*Solar chimney* digunakan untuk ventilasi pada gedung-gedung besar. Sirkulasi udara menjadi baik dan ruangan menjadi tidak terlalu panas. Biasanya juga digunakan untuk menghasilkan listrik. Cara kerja alat ini adalah udara dipanaskan oleh energi surya. Udara yang panas akan cenderung bergerak ke atas dan keluar melalui cerobong. Pada cerobong biasanya dipasang turbin. Udara yang bergerak ke atas akan menggerakkan turbin, sehingga menghasilkan listrik. *Solar Chimney* seperti yang terlihat pada gambar 2.8

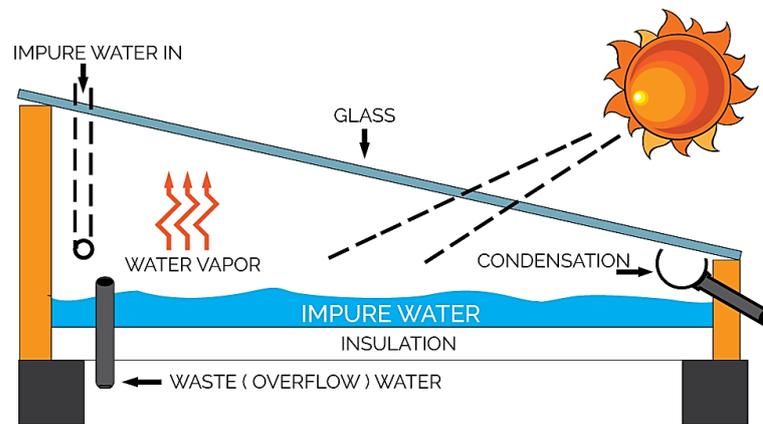


Gambar 2.8 Solar Chimney (Hu, 2016)

h. *Solar Distillation Water*

*Solar distillation* atau *purification* digunakan untuk memurnikan air maupun memisahkan air dengan garam. Cara kerja alat ini adalah air laut dipompakan setelah itu melewati kolektor, dengan panas dari energi

surya ini, air akan menguap dan menyisakan garam. Uap dikondensasikan menjadi air. Sehingga didapat dua hasil yaitu garam dan air tawar. Gambar 2.9 menunjukkan bagian-bagian *solar distillation water*.



Gambar 2.9 *Solar Distillation Water*

i. *Solar Powerplant*

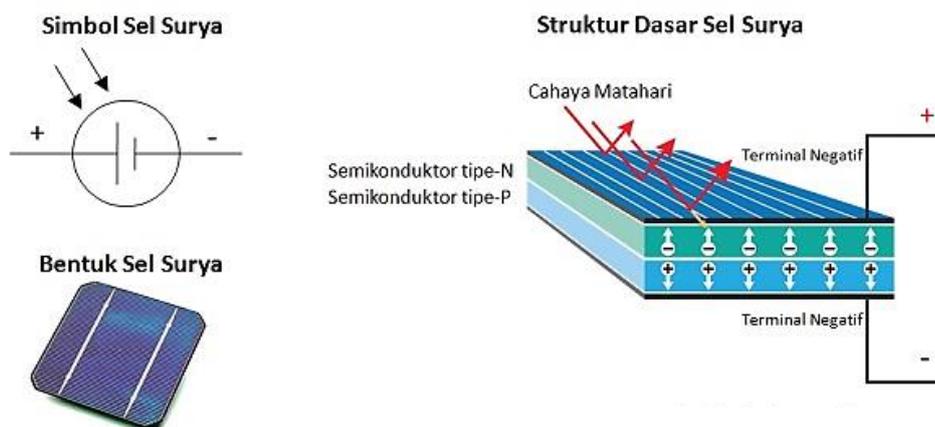
*Solar powerplant* merupakan aplikasi dengan skala yang sangat besar, bisa diaplikasikan di daerah gurun. Dapat menghasilkan listrik dalam kapasitas yang sangat besar. Cara kerja alat ini ialah energi surya yang terpapar ke reflektor, direfleksikan ke tower yang di tengah. Dari tower itulah energi surya dikumpul dan digunakan untuk menghasilkan listrik. *Solar power plant* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 *Solar Power Plant*

## 2.2. Prinsip Kerja Panel Surya (*Photovoltaic*)

Sel surya bekerja berdasarkan efek fotoelektrik pada material semi-konduktor untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Proses perubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya *photovoltaic* berupa semi-konduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semi konduktor; yakni jenis n dan jenis p. Semi-konduktor jenis n merupakan semi-konduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, (n = negatif). Sedangkan semi-konduktor jenis p memiliki kelebihan *hole*, sehingga disebut dengan p (p = positif) karena kelebihan muatan positif (Abd El- Shafy, 2009). Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semi-konduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semi-konduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar 2.11.

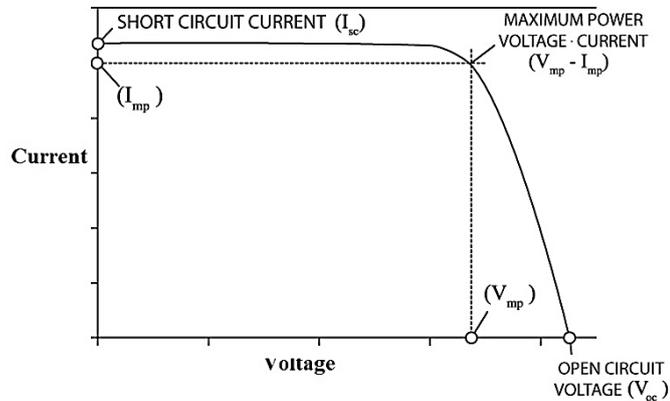


Gambar 2.11 Prinsip Kerja Panel Surya

### 2.2.1. Karakteristik Energi Panel Surya

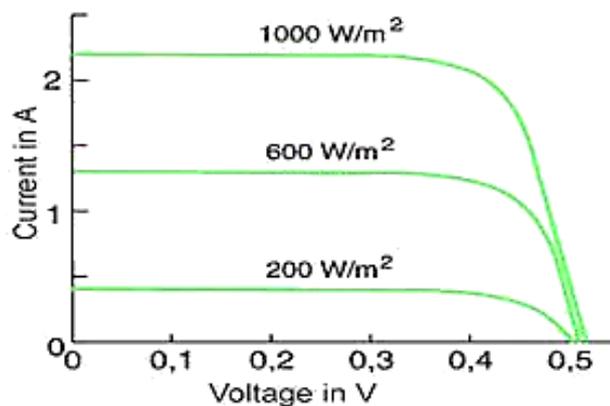
Kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam *watt peak* (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu *Standard Test Condition*. Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$  yang tegak lurus sel surya pada suhu  $25^\circ\text{C}$ . Modul *photovoltaic* memiliki hubungan antara arus dan tegangan yang diwakili dalam kurva I-V. Pada saat tahanan variable bernilai tak terhingga (*open circuit*) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan *open circuit* (Voc). Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variabel bernilai nol (*short circuit*) maka

arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ). Jika tahanan variabel memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus ( $I$ ) dan tegangan ( $V$ ) akan diperoleh nilai yang bervariasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12.



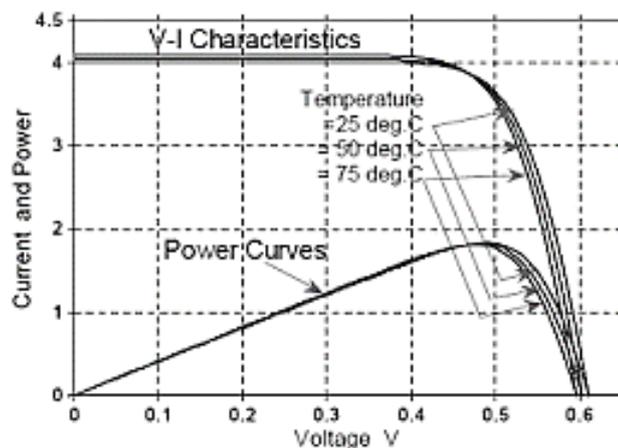
Gambar 2.12 Kurva Karakteristik I-V Sel Surya (Quaschning, 2005)

Kurva ini menunjukkan bahwa pada saat arus dan tegangan berada pada titik kerja maksimal (*Maximum Power Point*) maka akan menghasilkan daya keluaran maksimum ( $P_{mpp}$ ). Tegangan di *Maximum Power Point* ( $MPP$ )  $V_{mpp}$ , lebih kecil dari tegangan rangkain terbuka ( $V_{oc}$ ) dan arus saat  $MPP$   $I_{mpp}$ , adalah lebih rendah dari arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) (Quaschning, 2005). Apabila jumlah energi cahaya matahari yang diterima sel surya berkurang atau intensitas cahayanya melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun. Penurunan tegangan relatif lebih kecil dibandingkan penurunan arus listriknya (Satwiko, 2012) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Kurva Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari (Satwiko, 2012)

Pada kurva di atas, dapat terlihat bahwa keluaran daya berbanding lurus dengan radiasi matahari.  $I_{sc}$  lebih terpengaruh oleh perubahan *irradiance* daripada  $V_{oc}$ . Hal ini sesuai dengan penjelasan cahaya sebagai paket-paket foton. Pada saat *irradiance* tinggi, yaitu pada saat jumlah foton banyak, arus yang dihasilkan juga besar. Demikian pula sebaliknya, sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus terhadap jumlah foton. Perubahan temperatur yang terjadi pada *photovoltaic* tidak semuanya dikonversi menjadi listrik, hal ini dikarenakan pada *photovoltaic* akan menimbulkan panas, maka tegangan keluaran mengecil seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Kurva Pengaruh Intensitas Temperatur (Satwiko, 2012)

### 2.3. Pemanas Air

Pemanas air tenaga surya atau populer disebut *solar water heater* adalah sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa alat pemanas air tenaga 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 pipa pemanas air (Purnama. dkk, 2015). Alat pemanas ini terbagi atas dua komponen utama yaitu :

#### 1. Kolektor Surya

Kolektor surya berfungsi sebagai komponen yang digunakan untuk menangkap energi radiasi matahari yang kemudian akan ditransfer ke air yang mengalir pada pipa sirkulasi yang terdapat di dalam kolektor menggunakan pelat

absorber. Kolektor ini pada umumnya menggunakan pelat absorber yang berbentuk pelat rata. Pada bagian atas kolektor akan ditutup dengan lapisan transparan, baik kaca, maupun jenis plastik lainnya.

## 2. Tangki Penyimpanan

Tangki penyimpanan adalah komponen alat pemanas air tenaga surya yang berfungsi untuk menyimpan air yang telah dipanaskan kolektor. Tangki ini berperan penting dalam menjaga suhu air yang telah dipanaskan, karena pada umumnya air yang telah dipanaskan, disimpan dalam waktu yang cukup lama sebelum digunakan.

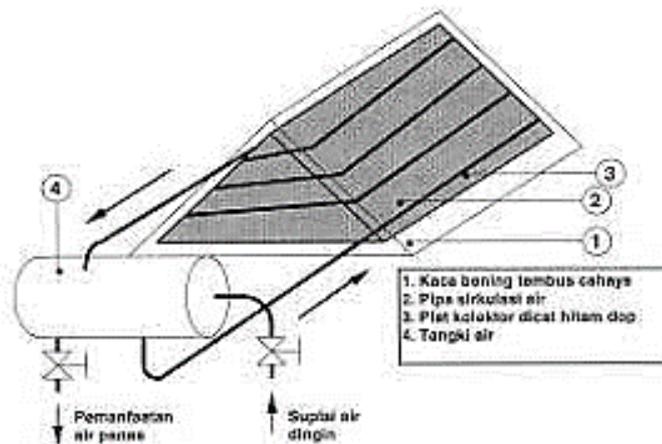
### 2.3.1. Jenis-jenis Kolektor Surya

Kolektor surya merupakan suatu bagian dari peralatan yang dibutuhkan untuk mengubah energi radiasi matahari ke bentuk energi panas untuk berbagai keperluan, misalnya sebagai pemanas air. Salah satu bentuk dari kolektor surya adalah bentuk prisma yang memiliki kemampuan untuk menerima intensitas radiasi matahari dari segala posisi matahari, sehingga diharapkan pemanfaatan energi tersebut sebagai pemanas air dapat lebih efektif. Kolektor surya akan menyerap energi dari radiasi matahari dan mengkonversikannya menjadi panas yang berguna untuk memanaskan air di dalam pipa-pipa kolektor, sehingga suhu air akan meningkat dan terjadi konveksi alami berdasarkan efek termosipon karena adanya perbedaan masa jenis fluida (James Laeyadi, 2000).

#### a. Kolektor Surya Prismatik

Keunggulan dari kolektor surya tipe prismatik ini adalah kemampuannya untuk dapat menerima energi radiasi matahari dari segala posisi matahari. Kolektor surya tipe prismatik dapat digolongkan dalam kolektor plat datar dengan permukaan kolektor berbentuk prisma yang tersusun dari 4 bidang yang membentuk prisma, 2 bidang berbentuk segi-tiga sama kaki dan dua bidang yang lain berbentuk segi-empat siku-siku. Untuk mendapatkan hasil yang optimal permukaan kolektor dicat dengan warna hitam kusam yang berfungsi untuk menyerap radiasi surya yang datang dan mentransfer kalor yang diterima ke fluida kerja.

Untuk menjaga agar tidak terjadi kerugian panas secara radiasi dan konveksi ke atmosfer, maka digunakan kaca pelindung sehingga terjadi efek rumah kaca sedangkan bagian bawah plat kolektor diberi isolator untuk meminimalisir kerugian panas pada bagian bawah plat kolektor. Sebagai titik tolak dalam melakukan perhitungan untuk mendesain kolektor surya tipe prismatic disamping data intensitas radiasi matahari pada lokasi dimana kolektor tersebut ditempatkan hal terpenting lainnya adalah perhitungan geometris dari kolektor (luas permukaan kolektor, kemiringan kolektor terhadap intensitas radiasi matahari langsung), efek termosipon pada pipa-pipa sirkulasi untuk menentukan kemampuan sistem melakukan konveksi alami, serta suhu masuk dan keluar pipa sirkulasi. Prinsip kerja dari sistem pemanas air dengan kolektor surya prismatic ini ditunjukkan dalam gambar 2.15.



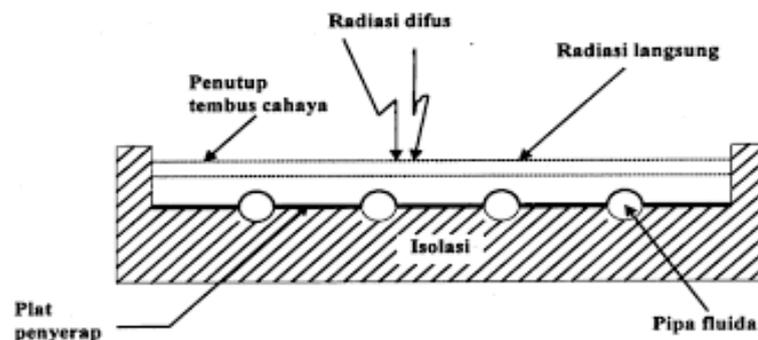
Gambar 2.15 Kolektor Surya Prismatic (James Laeyadi, 2000)

#### b. Kolektor Surya Plat Datar

Kolektor surya plat datar adalah sebuah kolektor surya berbentuk memanjang, dengan kemiringan tertentu untuk menangkap energi radiasi matahari. Proses penggunaannya lebih mudah dan sederhana dibanding dengan kolektor surya prismatic. Komponen-komponen sebuah kolektor surya plat datar terdiri dari permukaan hitam sebagai penyerap energi radiasi matahari yang kemudian dipindahkan ke fluida. Penutup tembus cahaya (kaca) berfungsi mengurangi efek radiasi dan konveksi yang hilang ke atmosfer. Pipa-pipa aliran fluida berfungsi mengalirkan fluida yang akan dipanaskan serta isolasi untuk mengurangi kerugian konduksi ke lingkungan. Skema kolektor surya plat datar

ditunjukkan pada gambar. Performansi kolektor dinyatakan dengan keseimbangan energi yang menggambarkan distribusi energi matahari yang datang terhadap energi yang bermanfaat dan beberapa energi yang hilang ( Philip Kristanto, 2001 ).

Prinsip kerja pada solar *water heater* dengan menggunakan plat datar, yaitu bahwa air yang masuk kedalam kolektor melalui pipadistribusi yang akan mendapatkan panas yang baik melalui radiasi langsung matahari maupun konveksi. Hal ini di sebabkan energi radiasi matahari didalam kolektor yang dibatasi kaca bening tembus cahaya. Terjadinya perpindahan panas terhadap pipa –pipa distribusi maka suhu air di dalam pipa tersebut akan secara langsung bertambah, hal tersebut mengakibatkan adanya perbedaan masa jenis. Air yang bersuhu tinggi meilik massa jenis yang lebih kecil, sehingga cenderung akan mengalir kearah yang lebih tinggi. Sebaliknya air yang bersuhu rendah memiliki massa jenis lebih besar dan cenderung akan bergerak kebawah, sehingga terjadi konveksi secara alami (Marbun, 2009).



Gambar 2.16 Skema Kolektor Surya Plat datar (Philip Kristanto, 2001)

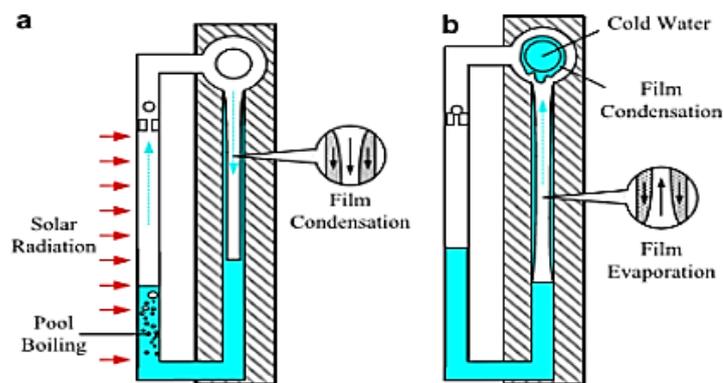
#### 2.4. Jenis-jenis Alat Pemanas Air Tenaga Surya

Alat pemanas air tenaga surya (*solar water heater*) secara umum dapat diklasifikasikan menjadi alat pemanas air sistem natural dan alat pemanas air sistem paksa (pompa) menurut cara fluida yang bersirkulasi. Sementara itu jika menurut cara fluida menyerap panas dapat dibedakan menjadi alat pemanas surya sistem pemanasan langsung dan alat pemanas surya sistem pemanasan tidak langsung (Ceylan, 2011).

Berdasarkan cara sirkulasi fluidanya, pemanas air tenaga surya dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

### 1. Pemanas air tenaga surya sistem *thermosypon* (sistem pasif)

Menurut (Jansen, 1995) pemanas air surya paling sederhana tetapi paling efektif adalah pemanas air surya sistem *thermosypon*. Sistem ini hanya terdiri atas sebuah tangki penyimpanan yang ditempatkan pada bagian atas dari deretan kolektor. Fluida pada kolektor akan dipanasi oleh radiasi matahari, kemudian karena perbedaan massa jenis maka fluida panas akan bergerak ke arah tangki dan fluida dingin dari tangki akan bergerak turun untuk menggantikan fluida yang dipanaskan. Gambar 2.17 menunjukkan pemanas surya sistem *thermosypon*.

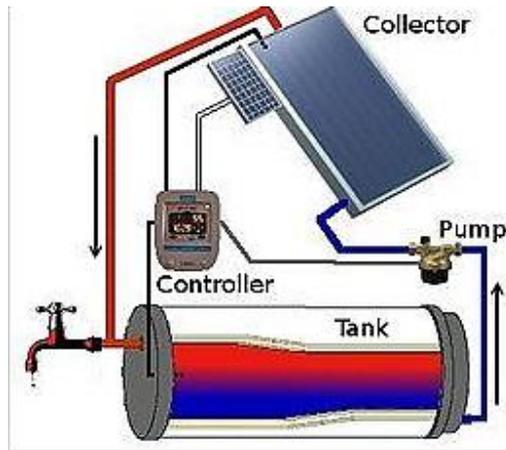


Gambar 2.17 Pemanas air tenaga surya sistem *thermosypon* (Chen, 2009)

Sirkulasi pemanasan seperti ini akan terus berlanjut sampai seluruh sistem kira-kira mencapai temperatur yang seragam. Gerakan sirkulasi ini tidak lagi membutuhkan sensor temperatur, alat-alat kontrol, dan pompa sirkulasi serta motor. (Jansen. Ted, 1995).

### 2. Pemanas air tenaga surya sistem aktif

Sistem aktif didefinisikan sebagai sistem pemanas air yang memerlukan energi tambahan (seperti menggunakan pompa) untuk memindahkan air menuju kolektor supaya air menjadi hangat. Energi yang digunakan untuk menggerakkan pompa dapat diperoleh dari energi listrik maupun dari energi matahari yang diubah menggunakan sel *photovoltaic*. Perbedaan utama ke dua sistem ini hanya terletak pada tenaga yang digunakan untuk menggerakkan fluida yang akan dipanaskan. Gambar 2.18 menunjukkan pemanas surya sistem aktif.



Gambar 2.18 Pemanas air tenaga surya sistem aktif

## 2.5. Proses Manufaktur

Dasar dari teknologi mekanik adalah penyelesaian proses logam dan non logam dari bentuk bijih besi (*raw material*) menjadi barang yang dapat digunakan. Hampir semua logam dibuat mula-mula dalam bentuk batangan (*ingot*) hasil proses pemurnian dari bijihnya yang kemudian merupakan bahan baku untuk proses selanjutnya.

Pada dasarnya, proses pembuatan benda kerja logam dapat dikelompokkan menjadi :

1. Proses Pemesinan
2. Proses Pengecoran
3. Proses Penyambungan
4. Proses Pembentukan
5. Proses Perlakuan Fisis
6. Proses penyelesaian atau pengerjaan akhir.

### 2.5.1. Proses Penyambungan Logam

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam *continue* (Wiryosumarto, 2000). Pada pembuatan *solar water heater* ini proses pengelasan merupakan hal yang diperlukan dalam pembuatan konstruksi.

Dalam proses pemesinan logam dikenal beberapa proses pemotongan seperti :

1. Proses sekrap (*shaping, planing*).
2. Proses bubut (*turning*)
3. Proses gurdi (*drilling*).
4. Proses frais (*milling*).
5. Proses gerinda (*grinding*).

Mengebor (*boring*) adalah pekerjaan memperbesar diameter pada benda, pekerjaan dilakukan dengan menggunakan mesin bor dengan mata bor sebagai pisau penyayatnya. Proses *boring* selain digunakan untuk mengebor pada mesin bor juga bisa digunakan untuk memperhalus suatu lubang. Peluasan lubang yang dipakai pada proses *boring* biasanya disebut dengan *reamer* (Daryanto, 2006). Dalam proses permesinan bor ada beberapa hal yang perlu diperhatikan salah satunya adalah material benda kerja dan pahat yang digunakan.

Mesin gerinda (*grinding machines*) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk proses pemotongan logam secara *abrasive* melalui gesekan antara material *abrasive* dengan benda kerja/ logam. Selain untuk memotong logam/ benda kerja sesuai ukuran, proses gerinda ini juga untuk finishing (memperhalus dan membuat ukuran yang akurat pada permukaan benda kerja). Menggerinda dapat juga digunakan untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, serta dapat juga digunakan untuk menyiapkan permukaan benda kerja yang akan dilas. Mesin gerinda terutama dirancang untuk menyelesaikan suku cadang yang permukaannya silindris, datar atau penyelesaian permukaan dalam (Amstead, 1992).

## 2.6. *Solenoid Valve*

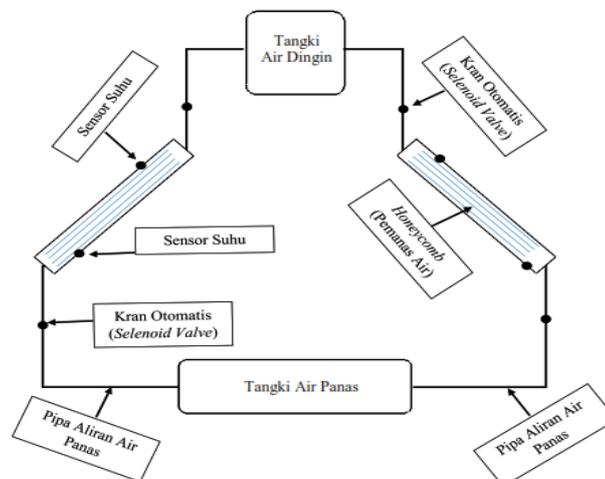
*Solenoid valve* adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC, *solenoid valve* atau katup (*valve*) solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan dan lubang exhaust, lubang masukan, berfungsi sebagai terminal / tempat cairan masuk atau *supply*, lalu lubang keluaran, berfungsi sebagai terminal atau tempat cairan keluar yang dihubungkan ke beban, sedangkan lubang *exhaust*, berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan cairan yang terjebak saat piston bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve* bekerja.

Prinsip kerja dari *solenoid valve* / katup (*valve*) solenoida yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggerakanya dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya ketika piston berpindah posisi maka pada lubang keluaran dari solenoid valve akan keluar cairan yang berasal dari *supply*, pada umumnya *solenoid valve* mempunyai tegangan kerja 100/200 VAC namun ada juga yang mempunyai tegangan kerja DC (Khalil, 2015).



Gambar 2.19 *Solenoid Valve*

Pemanas air tenaga surya adalah sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi panas dengan memanfaatkan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi utama. Ketika cahaya matahari menimpa alat pemanas air tenaga 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 pipa pemanas air (Purnama, dkk. 2015), siklus kerja alat ini dapat dilihat pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Siklus Kerja *Solar Water Heater*

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

##### a. Tempat

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

##### b. Waktu

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

Tabel 3.1 Rencana Pelaksanaan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Literatur						
3	Desain Alat						
4	Pembuatan Alat						
5	Penyelesaian Penulisan						
6	Sidang						

### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1. Bahan

##### 1. Kaca

Material ini dipilih karena mudah menyerap energi matahari, tahan lama, pengaruh terhadap lingkungan rendah, tidak mudah bocor ataupun rapuh, serta ekonomis dan murah seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kaca

##### 2. *Honeycomb*

*Honeycomb* ini digunakan sebagai tempat atau wadah aliran air yang dipanaskan dengan panjang 1 meter berdiameter  $\frac{1}{2}$  inchi menggunakan bahan plat alumunium berukuran 1mm seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Honeycomb*

##### 3. *Solenoid Water Valve*

*Solenoid water valve* digunakan untuk mengatur sirkulasi air berdasarkan suhu atau temperatur air yang telah dipanaskan seperti yang terlihat pada gambar

#### 3.3.



Gambar 3.3 *Solenoid Water Valve*

#### 4. Pipa PVC

Pipa PVC pada penelitian ini digunakan untuk mengalirkan air kedalam dengan diameter pipa  $\frac{1}{2}$  inchi seperti yang terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Pipa PVC

#### 5. *Arduino Uno*

Arduino pada penelitian ini digunakan sebagai mikrokontroler yang akan menerima dan membaca seluruh sensor yang tersedia seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Arduino Uno*

#### 6. Sensor Suhu DS18B20

Sensor ini digunakan sebagai alat yang berfungsi untuk mendeteksi suhu air dengan cara mengirimkan sinyal ke arduino sebanyak 8 sensor seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sensor Suhu DS18B20

#### 7. Lcd 20x4

Lcd yang digunakan memiliki kapasitas 20 baris dan 4 kolom yang berfungsi sebagai penampil sensor yang tersedia pada alat seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Lcd 20x4

#### 8. Plat Alumunium

Plat alumunium digunakan sebagai bahan untuk membuat tabung penampungan air panas seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Plat alumunium

## 9. Baja Siku

Baja siku digunakan sebagai rangka pada pembuatan solar water heater seperti yang terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Baja siku

### 3.2.2. Alat

#### 10. Mesin Las

Mesin las pada penelitian ini digunakan sebagai alat untuk menyambung baja siku yang akan digunakan sebagai rangka pada pembuatan solar water heater seperti yang terlihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Mesin las

### 11. Gerinda Tangan

Gerinda tangan ini digunakan untuk memotong baja siku dan merapikan bekas lasan seperti yang terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Gerinda tangan

### 12. Bor Tangan

Bor tangan digunakan sebagai alat untuk melubangi plat seperti yang terlihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12 Bor tangan

### 13. *Flowmeter* Sensor

Alat ini digunakan untuk mengetahui besaran dalam segala aspek yang terdapat pada suatu aliran material yang berupa udara, cairan, maupun bubuk. seperti yang terlihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 *Flowmeter Sensor*

#### 14. *Silicon*

*Silicon* digunakan untuk merekatkan kaca dan menutup celah pada sambungan kaca seperti yang terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 *Silicon*

#### 15. Pemotong Kaca (*Glass Cutter*)

Alat ini digunakan untuk memotong kaca yang nantinya akan digunakan sebagai penyerap panas seperti yang terlihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Pemotong kaca (*glass cutter*)

#### 16. Meteran

Meteran ini digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur dimensi rangka yang akan dibuat seperti yang terlihat pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Meteran

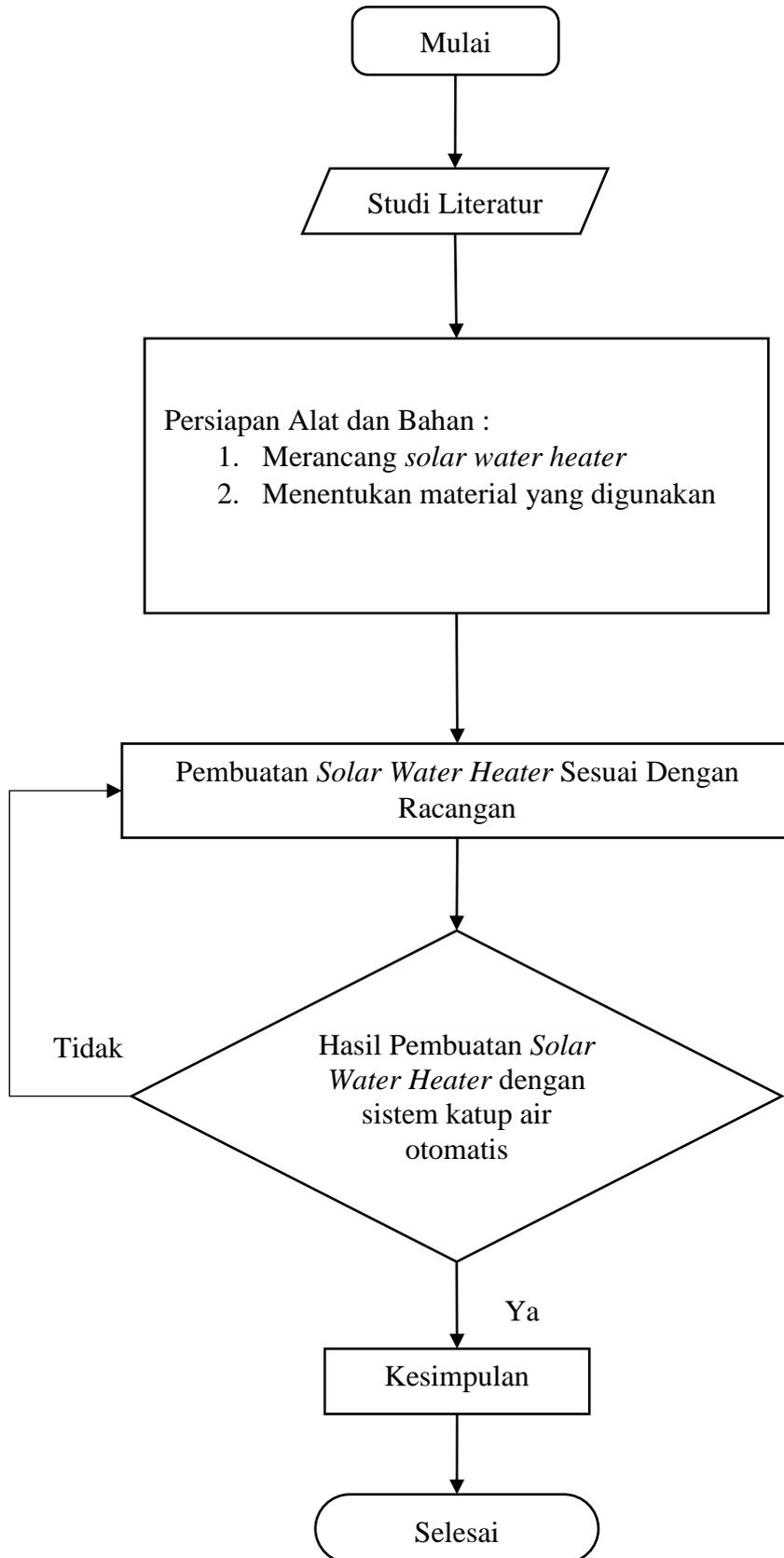
#### 17. Penggaris Siku

Alat ini digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur sudut pada rangka solar water heater seperti yang terlihat pada gambar 3.17.



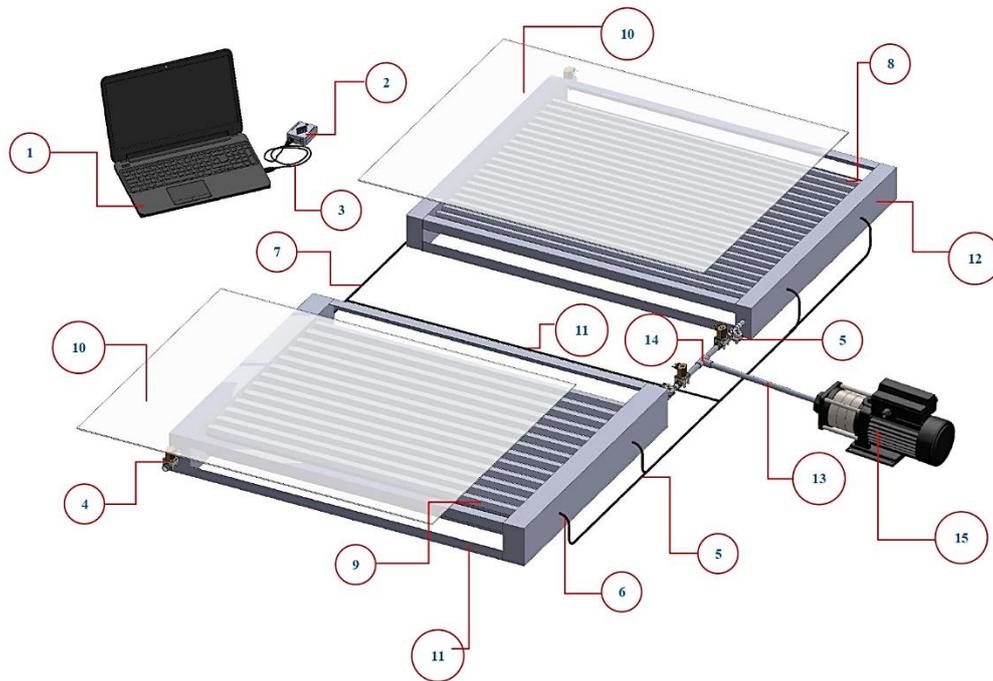
Gambar 3.17 Penggaris siku

### 3.3. Bagan Aliran Penelitian



Gambar 3.18 Bagan Alir Penelitian

### 3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.19 Rancangan Alat Penelitian

Keterangan Gambar :

1. Laptop
2. Arduino
3. Kabel USB
4. *Solenoid Water Valve*
5. *Flow Meter Sensor*
6. Sensor Suhu DS18B20
7. Kabel Jumper
8. Saluran Pipa *Honeycomb* 20 mm
9. Saluran Pipa *Honeycomb* 30 mm
10. Kaca
11. Besi Siku
12. Kolektor
13. Pipa 0,5 inch
14. Sambungan Pipa T
15. Pompa Air

### 3.5. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada pembuatan *solar water heater* ini adalah sebagai berikut :

1. Air akan dialirkan kedalam saluran pipa berbentuk *honeycomb* melalui pipa menggunakan pompa air.
2. *Solenoid valve* yang menghubungkan antara pipa dan flow meter sensor akan terbuka secara otomatis ketika tangki air panas kosong.
3. Ketika air melewati sensor *flow*, maka sensor akan membaca jumlah *volume* air yang terisi kedalam pipa saluran *honeycomb*.
4. Tangki yang sudah terisi penuh secara otomatis akan memberi perintah ke *solenoid water valve* untuk menutup sehingga air tidak lagi masuk kedalam saluran pipa *honeycomb*.
5. Suhu air dingin yang masuk ke dalam *honeycomb* akan terdeteksi dan terlihat pada sensor suhu yang diletakkan didalam pemanas air.
6. Pemanasan yang terjadi pada *honeycomb* selanjutnya akan dialirkan kedalam tangki air panas dengan temperatur yang telah ditentukan.
7. *Solenoid valve* akan membuka secara otomatis apabila temperatur air yang diinginkan telah tercapai dan mengalirkannya ke dalam tangki air panas.
8. Jika pada tangki air panas telah kosong, maka sensor akan memberikan perintah kepada *solenoid valve* untuk mengalirkan air.
9. Proses ini dilakukan secara terus menerus.

### 3.6. Prosedur Pembuatan

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

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan untuk membuat *solar water heater* seperti mesin gerinda, mesin bor, mesin las, *solar panel* dan lain-lain.
2. Membuat skema rancangan untuk menentukan jenis ukuran dari *solar water heater* yang akan dibuat.
3. Memotong plat alumunium dengan ketebalan 0,2 mm sebagai bahan yang digunakan untuk membuat saluran air berbentuk *honeycomb* dengan ukuran panjang 100 cm, lebar 12,5 cm.



Gambar 3.20 Memotong Plat Alumunium

4. Membentuk plat alumunium dengan bentuk segienam berbahan alumunium dengan lingkaran diameter pada masing-masing *honeycomb* 20 mm dan 30 mm menggunakan lem silikon.



Gambar 3.21 Membuat dan Merekatkan *Honeycomb*

5. Menyusun saluran pipa dengan susunan bertingkat membentuk sarang lebah dengan jumlah sebanyak 161 tabung saluran pipa panas.



Gambar 3.22 Menyusun Tabung Saluran Pipa

6. Memotong plat berbentuk segienam menggunakan gerinda tangan sebagai dudukan *honeycomb* yang digunakan sebagai saluran pipa pada *solar water heater*.



Gambar 3.23 Memotong Dudukan *Honeycomb*

7. Menyambung besi siku menggunakan mesin las berdiameter kawat las 2,6 mm dengan dengan kuat arus las 75 *Ampere* agar kuat dan kokoh.



Gambar 3.24 Mengelas Rangka *Solar Water Heater*

8. Menambal permukaan saluran pipa *honeycomb* menggunakan silikon untuk mencegah kebocoran pada saat air berada dalam saluran pipa *honeycomb*.



Gambar 3.25 Menambal Permukaan Saluran Pipa Panas

9. Merakit seluruh rangkaian *solar water heater* yang telah dibuat menjadi satu kesatuan yang utuh.



Gambar 3.26 Perakitan Seluruh Rangkaian

10. Pengujian pengambilan data sensor berupa temperatur air di dalam saluran pipa berbentuk *honeycomb*, temperatur lingkungan dan kecepatan aliran yang terinput secara otomatis menggunakan *software* Plx-daq.



Gambar 3.27 Pengujian Alat

11. Selesai

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pembuatan

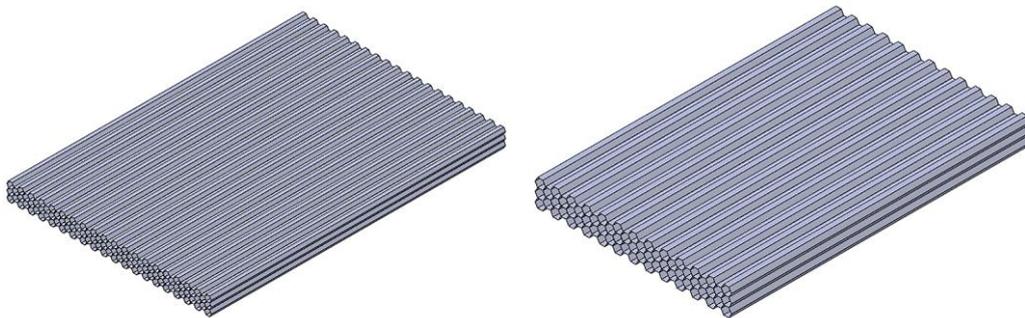
Pembuatan *solar water heater double slope* dengan tahapan perancangan dan permodelan alat penukar kalor *solar water heater* didapat dari pendesainan menggunakan *software solidworks 2020*. Pemilihan model didapatkan dengan mempertimbangkan kriteria yang dibutuhkan dengan kriteria desain alat. Adapun perencanaan rancangan alat penukar kalor *solar water heater* dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil Pembuatan *Solar Water Heater Double Slope*

##### 4.1.1. Hasil Perancangan Saluran Pipa *Honeycomb*

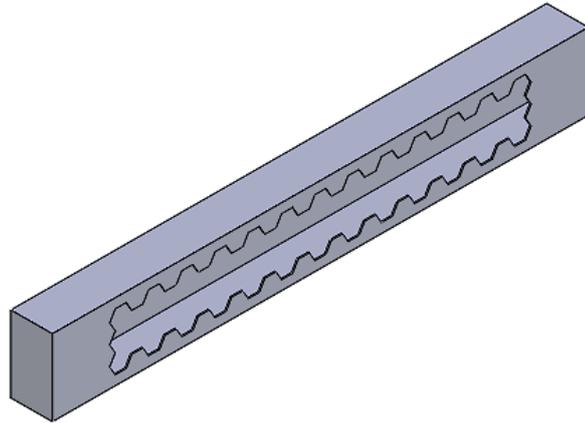
Saluran pipa panas yang digunakan pada alat ini berbentuk bidang segienam dengan variasi diameter 20 dan 30 mm yang nantinya akan dibuat menggunakan plat alumunium dengan ketebalan 0,2 mm dan panjang 1000 mm. Saluran pipa panas ini disusun bertingkat seperti yang terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Perancangan Saluran Pipa *Honeycomb*

#### 4.1.2. Perancangan Kolektor *Honeycomb*

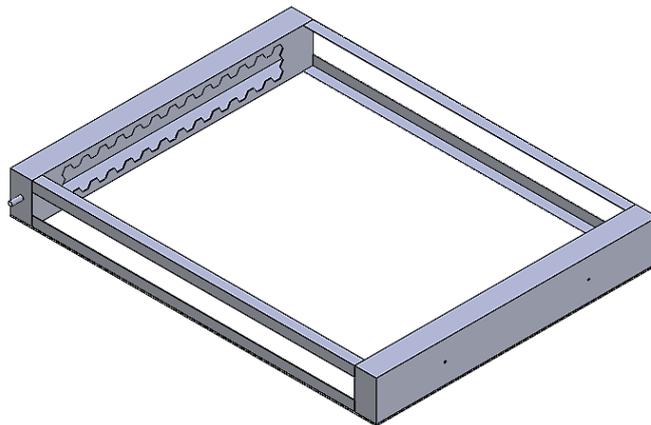
Perancangan kolektor *honeycomb* ini dibuat dengan mempertimbangkan posisi saluran pipa yang berbentuk segienam, sehingga dibuat sebuah konsep untuk mempermudah aliran air masuk kedalam saluran pipa dengan memanfaatkan baja plat dengan panjang berukuran panjang 845 mm, lebar 50 mm, tinggi 100 mm dan tebal 2 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Perancangan Kolektor *Honeycomb*

#### 4.1.3. Perancangan Rangka

Perancangan rangka ditujukan sebagai pemegang saluran pipa panas menggunakan baja siku sebagai tulangan penyangga dengan metode penyambungan las seperti yang terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Perancangan Rangka

#### 4.1.4. Perencanaan Kaca

Kaca ini nantinya akan diletakkan di atas saluran pipa panas yang diharapkan mempercepat pemanasan saluran pipa, kaca yang direncanakan berukuran panjang 1060 mm, lebar 845 mm dengan ketebalan kaca 4 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perencanaan Kaca

#### 4.1.5. Perancangan Jalur Aliran

Aliran masuk dari pompa menuju kolektor menggunakan pipa dan *elbow* berukuran 12,7 mm atau 0,5 *inchi*. Perencanaan instalasi aliran menggunakan *solenoid water valve* sebagai katup otomatis dan *flow meter sensor* untuk membaca laju aliran air menuju tabung kolektor bertujuan untuk mempermudah pengisian air pada kedua saluran pipa seperti yang terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perancangan Jalur Aliran

## 4.2. Pembahasan

Pembuatan alat ini harus diutamakan tentang pembahasan mengenai proses pembuatan atau produksi serta langkah kerja pembuatan komponen, sehingga jelas dan dapat diperhitungkan biaya produksi dipembahasan selanjutnya. Selain itu juga yang paling utama dalam pembahasan ini memberikan petunjuk bagaimana alat tersebut dapat dibuat dari komponen yang sederhana hingga rumit.

### 4.2.1. Pembuatan *Honeycomb*

Proses pembuatan honeycomb ini dilakukan secara manual dengan tangan manusia, plat yang digunakan sebagai *honeycomb* adalah alumunium dengan ketebalan 0,2 mm, plat alumunium tersebut di potong berbentuk persegi dan dibentuk segienam dengan panjang 1 m, lalu disatukan bertingkat sehingga membentuk susunan seperti sarang lebah dengan kapasitas 60 liter dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Pembuatan *Honeycomb*

### 4.2.2. Merekatkan *Honeycomb*

Perekatan yang dilakukan bertujuan untuk mencegah kebocoran yang terjadi pada dinding *honeycomb* menggunakan lem silikon seperti yang terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Merekatkan *Honeycomb*

#### 4.2.3. Pembuatan Rangka *Honeycomb*

Rangka honeycom dibuat dengan cara menyambungkan baja siku yang memiliki ketebalan 1,8 mm sebagai rangka kolektor *honeycomb* dan membentuk persegi dengan ukuran 150cm x 170cm x 15cm seperti yang terlihat pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pembuatan Rangka *Honeycomb*

#### 4.2.4. Pengujian *Honeycomb*

Pengujian yang dilakukan pada sarang lebah ini menggunakan cara mengisi air kedalam sarang lebah untuk melihat tingkat ketahanan terhadap sarang lebah tersebut seperti yang terlihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pengujian *Honeycomb*

#### 4.2.5. Melubangi Rangka *Honeycomb*

Proses ini bertujuan untuk membuat lubang pada rangka yang nantinya akan diletakkan sensor suhu DS18B20 untuk membaca perubahan suhu yang terjadi pada air didalam tabung *honeycomb* seperti yang terlihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Melubangi Rangka *Honeycomb*

#### 4.2.6. Pemasangan Sensor

Sensor suhu DS18B20 dipasang pada lubang saluran pipa panas berjumlah 8 sensor yang telah di buat di sisi bagian atas dan bawah panel hal ini di diharapkan nantinya sensor akan membaca temperatur rata-rata dari panas yang

di terima oleh air di dalam tabung saluran pipa seperti yang terlihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Pemasangan Sensor

#### 4.2.7. Pemasangan Kaca Penutup

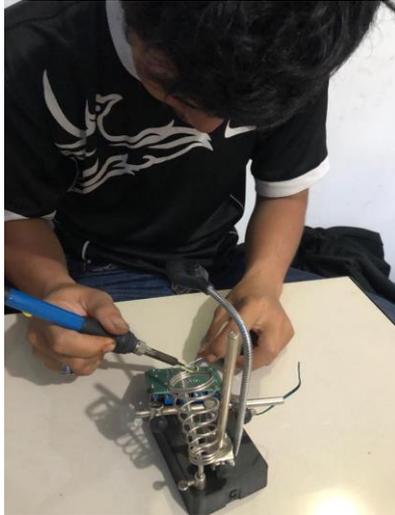
Kaca penutup pada alat ini dipasang tepat di atas masing-masing panel untuk mempercepat proses penerimaan panas matahari seperti yang terlihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Pemasangan Kaca Penutup

#### 4.2.8. Membuat Rangkaian Sensor

Arduino UNO yang bekerja sebagai mikrokontrol memanfaatkan pin *digital* dan *analog* untuk pembacaan setiap sensor sehingga dibutuhkan sebuah rangkaian yang akan mempermudah pembacaan banyak sensor pada setiap pin *digital* / *analog* seperti yang terlihat pada gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pembuatan Rangkaian Sensor Arduino UNO

#### 4.2.9. Membuat Program Sensor

Pembuatan program dilakukan menggunakan *software arduino* IDE dengan bahasa pemrograman C++ seperti yang terlihat pada gambar 4.15.

```
MULTIPLE_DS18B20 | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help
MULTIPLE_DS18B20
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensor(oneWire);

float suhuDS18B20_0;
float suhuDS18B20_1;
float suhuDS18B20_2;
float suhuDS18B20_3;
float suhuDS18B20_4;
float suhuDS18B20_5;
float suhuDS18B20_6;
float suhuDS18B20_7;
/*
<
>
1 Arduino Uno on COM4
```

Gambar 4.15 Pembuatan Program Sensor

#### 4.2.10. Percobaan Sensor

Percobaan sensor dilakukan secara manual dengan memanaskan sensor untuk melihat keberhasilan pembacaan program yang telah dibuat melalui *software arduino IDE* seperti yang terlihat pada gambar 4.16.

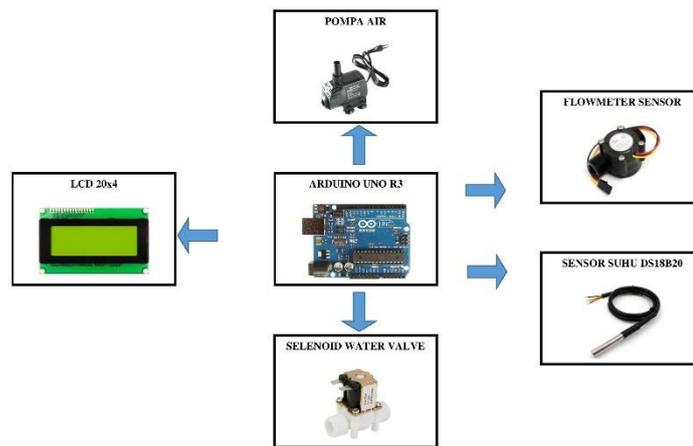


Gambar 4.16 Uji Coba Sensor

*Solar water heater double slope* berbasis arduino UNO ini memiliki 2 tahap perancangan antara lain yaitu perancangan software dan perancangan *hardware*.

##### 1. Perancangan Mikrokontroler

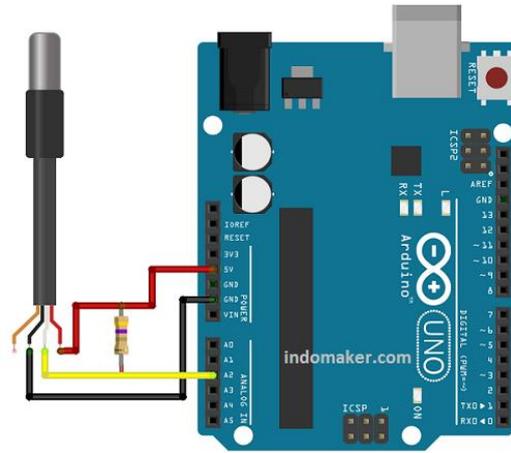
Perencanaan mikrokontroler meliputi beberapa komponen utama yaitu Arduino, pompa air, *solenoid water valve*, *flow* meter sensor dan sensor suhu. Arduino yang digunakan pada *solar water heater* berfungsi sebagai kontrol untuk setiap sensor dengan memberikan perintah pada masing-masing sensor sesuai dengan kebutuhan. Arduino akan mengirim sinyal ke pompa untuk mengalirkan air menuju *solenoid water valve* kemudian *solenoid water valve* akan menerima sensor tersebut dan mengalirkan ke arah *flow* meter untuk mengukur laju aliran air yang masuk kedalam kolektor. Sensor suhu DS18B20 secara otomatis akan membaca perubahan suhu yang terjadi di dalam saluran pipa *honeycomb* dan menampilkan hasil pembacaan ke layar monitor. Proses tersebut terjadi secara berulang dan terus menerus. Arduino UNO menjadi sebuah unit pengendali serta mikrokontroler yang dapat menjalankan proses pengendalian dan pengolahan sistem kerja alat ini seperti yang terlihat pada gambar 4.17.



Gambar 4.17 Proses Kerja Solar *Water Heater*

## 2. Perancangan *Hardware*

Arduino UNO merupakan mikrokontroler berdasarkan Atmega 2560. Mikrokontroler merupakan sebuah IC (*integrated circuit*) yang memiliki ROM, RAM, dan I/O serta CPU yang dapat membuat komponen tersebut dapat memproses suatu kontrol berdasarkan program yang ditanamkan ke dalamnya. Dengan menanamkan suatu program pada mikrokontroler, difungsikan komponen tersebut agar semua input pada rangkaian elektronika dapat diidentifikasi dan dapat diproses sehingga dapat menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Mikrokontroler bisa dibilang sebagai otak pengontrol dalam suatu rangkaian elektronik yang dapat mengontrol sekaligus memproses *input* dan *output* sebuah rangkaian elektronik. Arduino UNO digunakan untuk membaca input dari sensor suhu DS18B20, lcd *display*, sensor DHT 11, *flow* meter sensor, *relay* dan *solenoid valve* yang kemudian diproses oleh Arduino UNO sehingga menghasilkan output berupa menghidupkan dan mematikan pompa, pembacaan sensor suhu DS18B20, pembacaan sensor *flow* meter, sensor DHT11 dan *solenoid valve* akan ditampilkan pada LCD seperti yang terlihat pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Mekanisme Kerja Sistem Kontrol

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. *Solar water heater double slope* yang dibuat dapat menangkap dan menyimpan didalam saluran pipa berbentuk *honeycomb*.
2. Katup otomatis *solenoid valve* pada posisi *input* bekerja berdasarkan debit air didalam *solar water heater*. Ketika debit air berada dibawah 63 liter maka *solenoid valve* terbuka dan tertutup ketika mencapai 63 liter.
3. Katup otomatis *solenoid valve* pada posisi *output* bekerja berdasarkan temperatur air pada *solar water heater*. Jika air pada *solar water heater* mencapai temperatur 40°C maka katup *output* akan terbuka dan jika berada di bawah temperatur 40°C katup akan tertutup.

#### 5.2. Saran

Penulis mengharapkan pada penelitian pembuatan *solar water heater double slope* alat ini dapat dimplementasikan secara konvensional. membuat sebuah alat yang dapat memanaskan air tanpa menggunakan listrik yang lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran udara maupun menghasilkan limbah. Pemanfaatan energi terbarukan dari cahaya matahari menjadi fokus utama pada alat yang telah dibuat.

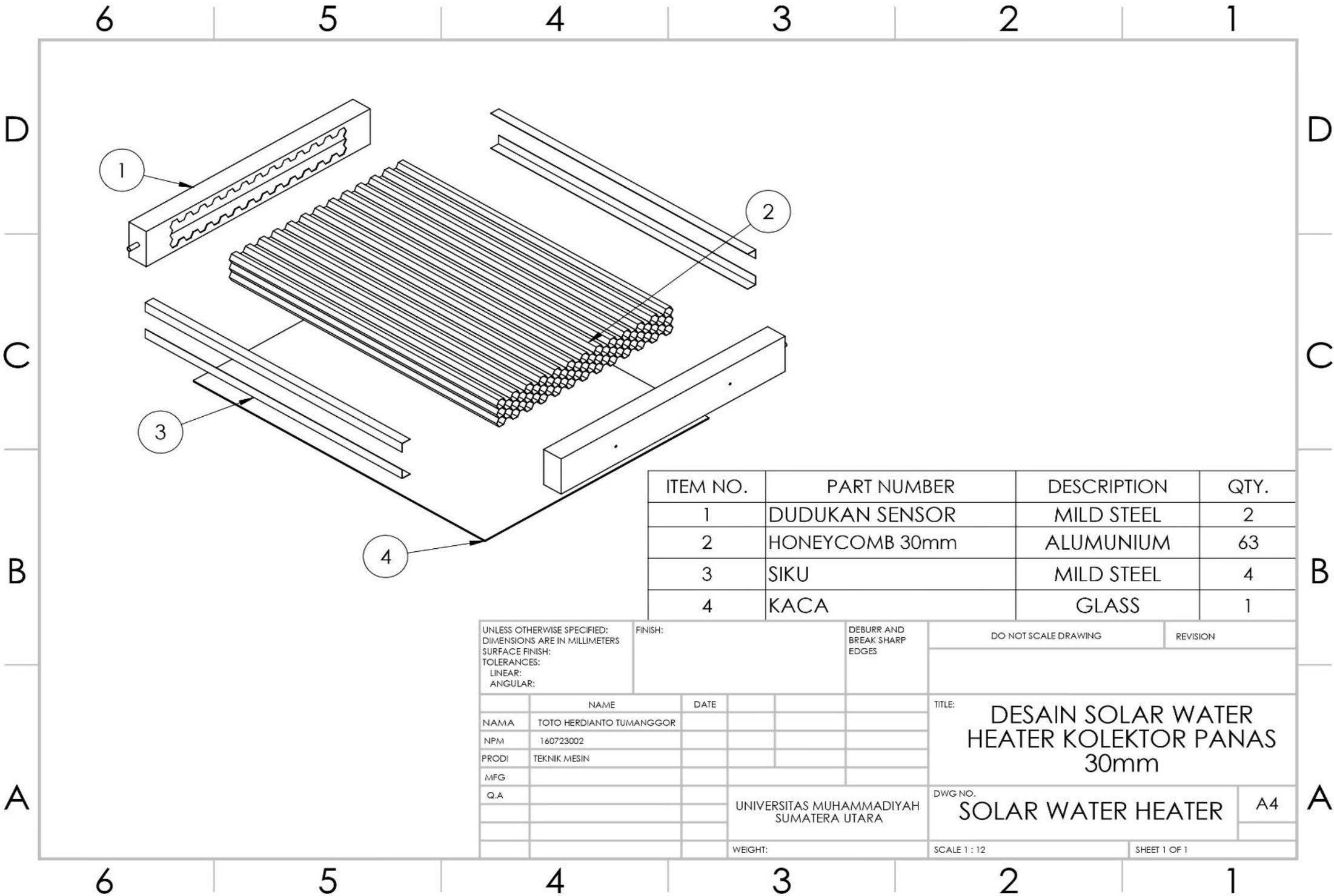
## DAFTAR PUSTAKA

- A., Karina, Satwiko., S. 2012. Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) Pada Sel Tunggal Polikristal Silikon Serta Pemodelannya. Universitas Negeri Jakarta.
- Abd El-Shafy AN. (2009). *Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt*. The Open Ren. Energi Journal, 2: 33-37.
- Amstead, B.H., Oswald, P.F., Begeman, M.L., Djaprie Sriati 1992, Teknologi Mekanik, Jilid 1, Erlangga.
- Ceylan, I. *Energy and exergy analyses of a temperature controlled solar water heater*. Science Direct. Energy and Buildings 47 (2011) 630- 635.
- Channiwala SA, Doshi NI. 1989. Solar Energy. Volume 42 (6): 495-501. Heat Loss Coefficients for box-type solar cookers.
- Chen, B, dkk. *Long-term thermal performance of a two-phase thermosyphon solar water heater*. Science Direct. Solar Energy 83 (2009) 1048 – 1055.
- Chenni, R. , Makhlouf, M., Kerbache, T., and Bouzid, A., (2007). A Detailed Modeling Method for Photovoltaic Cells. Amsterdam. Journal of Energy, Volume 32, Issue 9, pp. 1724- 1730.
- Chouicha, S, dkk. *Valorization study of treated deglet-nour dates by solar drying using three different solar dries*. Science Direct. Energy Procedia (2014) 907-916.
- Daryanto. 2006. Mesin Perkakas Bengkel. Jakarta : PT Rineka Cipta.
- Ezeilo, C.O. 1998. Sun Table And Charts for Nigeria Latitude. Nigerian J. Solar Energy 3: 75-82.
- Gullison RE, et al., 2007, *Tropical Forests and Climate Policy*. Science 2007;316:985–6.
- Hu, S, dkk. *Mathematical modelling of the performance of a solar chimney power plant with divergent chimneys*. Science Direct. Energy Procedia 110 (2017) 440-445.
- Jansen, T. 1995. Teknologi Rekayasa Surya, Edisi Pertama. PT Pradnya Paramita: Jakarta.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015. *Konsumsi Energi Provinsi Riau Pada Tahun 2015*. Kementrian ESDM. Jakarta.

- Kerr, R.A., 2007, *Climate change: Is battered arctic sea ice down for the count?*, Science 2007;318:33–4.
- Khalil, Muhammad. 2015. Rancang Bangun Sistem Pengendalian Pressure Steam Output Boiler Pada Power Plant Di Workshop Instrumentasi. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Kim, Y., & Seo, T., 2007, Thermal performances comparisons of the glass evacuated tube solar collectors with shapes of absorber tube, Renewable Energy 32 2007, Pp. 772–795.
- Kinhal, Vijayalaxmi. *Integrated solar collector storage system based on a salt-hydrate phase change material. Solar Energy* 1995; 55: 435–444.
- Matthieu, Calaeiss. 2014. Using Arduino to Monitor an Homemade Energy Autonomous Platform. TEKTOS IUT de Saint-Omer Dunkerque – Dept. Génie Industriel et Maintenance – Longuenesse, FR-62698.
- Purnama, riki, Eko Setyadi Kurniawan, dan Ashari., 2015. Perancangan Alat Peraga Kolektor Surya Pemanas Air Guna Menjelaskan Suhu Dan Kalor Pada Kelas X SMA Muhammadiyah Purworejo. Jurnal Pendidikan, (Online). Universitas Muhammadiyah Purworejo. Volume 06 No.1.
- Purnama, Eko, dan Azhari. 2015. Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Energi Pada Pemanas Air. Jurnal Teknologi Energi.
- Quaschnig, V. 2005. *Understanding Renewable Energi System*. London: Earthscan Publications Ltd.
- Rif'an., M. HP., Sholeh. Shidiq., Mahfudz. Yuwono., Rudy. Suyono., Hadi. S., Fitriani. 2012. Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Jurnal EECCIS Vol 6 No. 1, Surabaya: Universitas Brawijaya.
- Simic, M, dkk. *Design of a system to monitor and control solarpond: A review*. Science Direct. Energy Procedia 110 2017, 322-327.
- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 2(2), 165-170.
- Siregar, C. A., Siregar, A. M., Affandi, A., & Amri, U. 2020. Rancang Bangun Acwh Berkapasitas 60 Liter Memanfaatkan Pipa Kapiler Bersirip Sebagai Penghantar Panas. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 1(1), 56-62.
- Tang, R, dkk. *Comparative studies on thermal performance of water-in-glass evacuated tube solar water heater with different collector tilt-angles*. Science Direct. Solar Energy 85 2011, 1381-1389.

- Thirugnanasambandam, M., et al., 2010, A review of solar thermal technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 2010, 312–322.
- Wang, J., et al., 2008, A new combined cooling, heating and power system driven by solar energy, *Renewable Energy* 34 2008, Pp. 2780 – 2788.
- Wiryo Sumarto, H., & Okumura, T. 2000. *Teknologi pengelasan logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

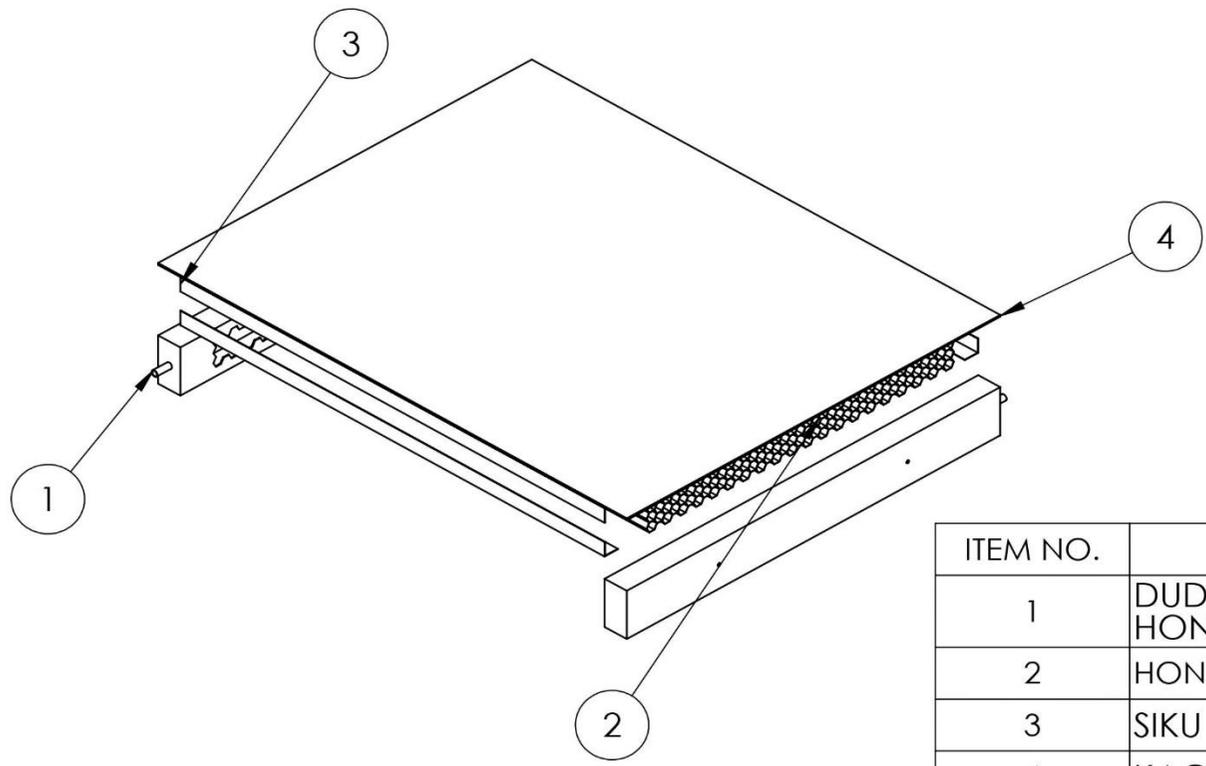
# LAMPIRAN



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	DUDUKAN SENSOR	MILD STEEL	2
2	HONEYCOMB 30mm	ALUMUNIUM	63
3	SIKU	MILD STEEL	4
4	KACA	GLASS	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		DATE				TITLE: <b>DESAIN SOLAR WATER HEATER KOLEKTOR PANAS 30mm</b>			
NAMA	TOTO HERDIANTO TUMANGGOR					DWG NO.		A4	
NPM	160723002					<b>SOLAR WATER HEATER</b>			
PRODI	TEKNIK MESIN								
MFG									
Q.A									
		UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA				SCALE 1 : 12		SHEET 1 OF 1	
				WEIGHT:					

6 5 4 3 2 1



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	DUDUKAN HONEYCOMB	MILD STEEL	2
2	HONEYCOMB 20mm	ALUMUNIUM	98
3	SIKU	MILD STEEL	4
4	KACA	GLASS	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME		DATE			TITLE: <b>DESAIN SOLAR WATER HEATER KOLEKTOR PANAS 20mm</b>	
NAMA	TOTO HERDIANTO TUMANGGOR				DWG NO. <b>SOLAR WATER HEATER</b>	
NPM	160723002					
PRODI	TEKNIK MESIN					
MFG						
Q.A			UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA		A4	
			WEIGHT:		SCALE 1 : 12	SHEET 1 OF 1

6 5 4 3 2 1

D

D

C

C

B

B

A

A

6 5 4 3 2 1

D

D

C

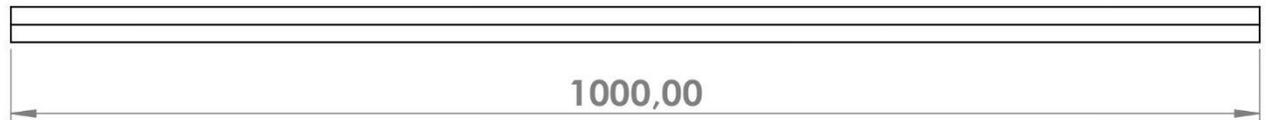
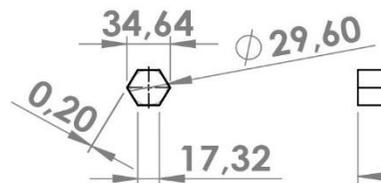
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:			DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME			DATE			TITLE:					
NAMA						DESAIN SALURAN PIPA BERDIAMETER 30 mm					
NPM						DWG NO.					
PRODI						SOLAR WATER HEATER					
MFG						SCALE:1:10					
Q.A						SHEET 1 OF 1					
						UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA					
						WEIGHT:					
						A4					

6 5 4 3 2 1

6 5 4 3 2 1

D

D

C

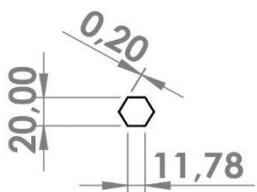
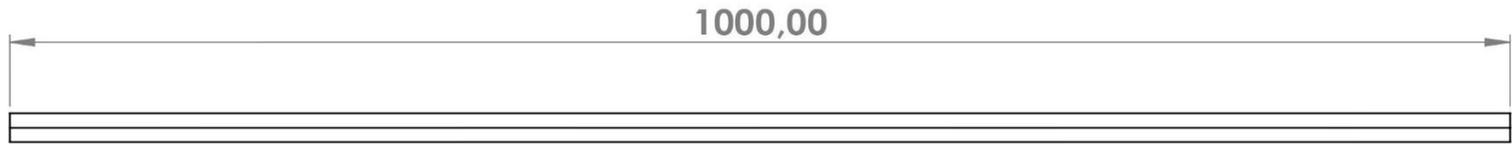
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
NAME			DATE				TITLE:				
NAMA							DESAIN SALURAN PIPA BERDIAMETER 20 mm				
NPM							DWG NO.				
PRODI											
MFG							SOLAR WATER HEATER				
Q.A											
					UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1		
					WEIGHT:				A4		

6 5 4 3 2 1

6 5 4 3 2 1

D

D

C

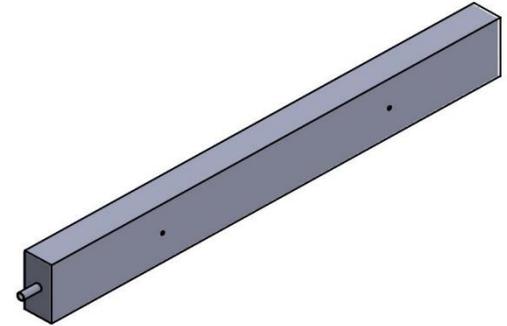
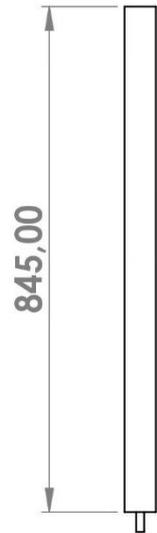
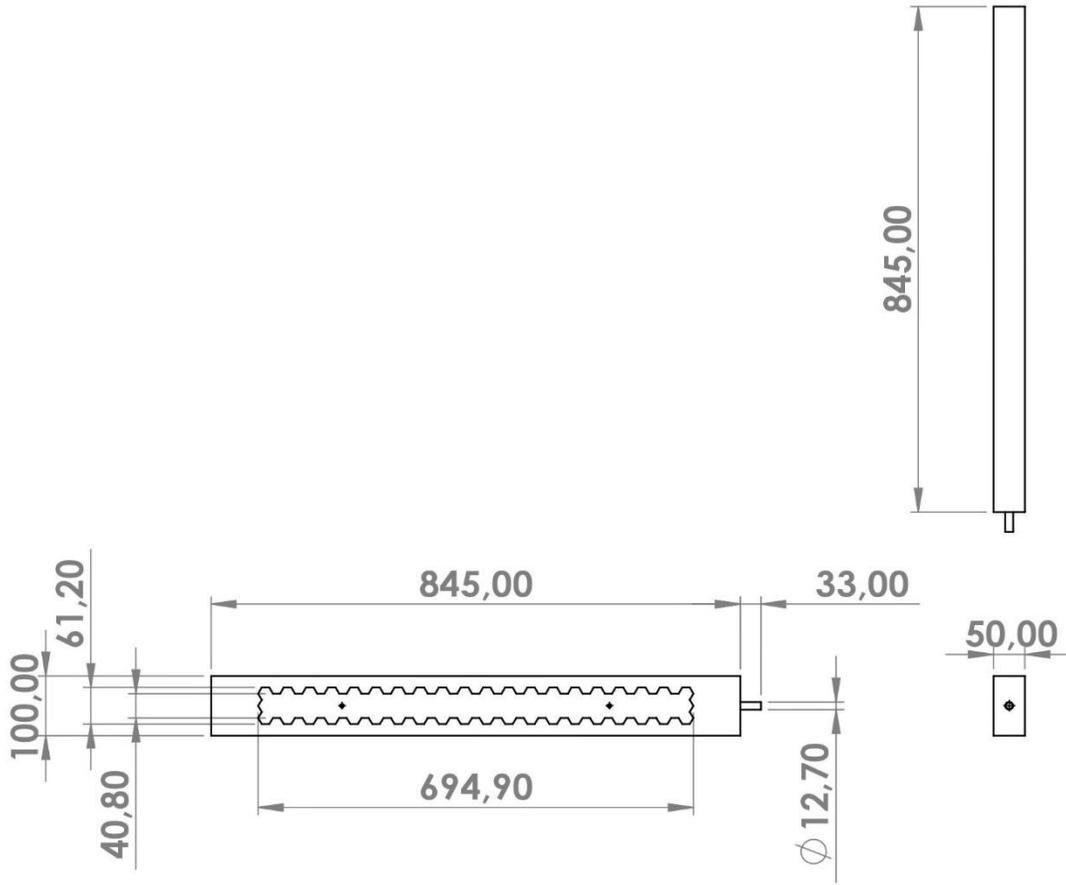
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
NAME			DATE				TITLE:				
NAMA							DESAIN KOLEKTOR				
NPM							SOLAR WATER HEATER				
PRODI											
MFG							DWG NO.		A4		
Q.A					UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA						
					WEIGHT:		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1		

6 5 4 3 2 1

6 5 4 3 2 1

D

D

C

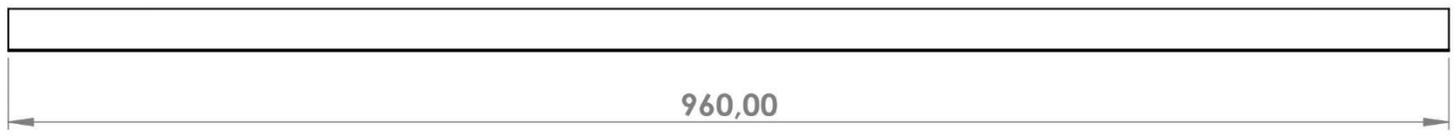
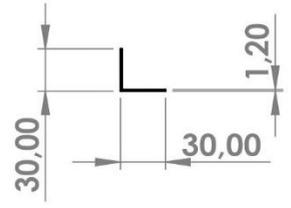
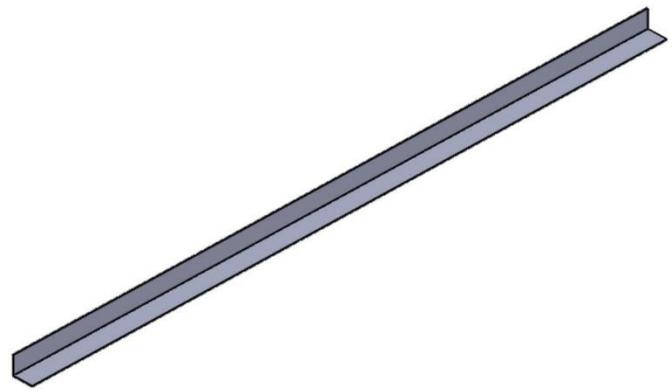
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		DATE				TITLE:			
NAMA	TOTO HERDIANTO TUMANGGOR					DESAIN SIKU			
NPM	160723002								
PRODI	TEKNIK MESIN					DWG NO. SOLAR WATER HEATER			
MFG									
Q.A				UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA		A4		SCALE 1 : 12	
				WEIGHT:		SHEET 1 OF 1			

6 5 4 3 2 1

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Pembuatan Solar Water Heater Double Slope Dengan Sistem Otomatis Katup Air

Nama : Toto Herdianto Tumanggor

NPM : 1607230002

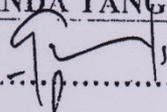
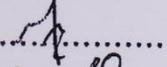
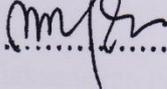
Dosen Pembimbing : Chandra A Siregar, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	18/9 - 2020	perbaiki format	↑
2.	27/10 - 2020	Perbaiki bab 1, tujuan	↑
3.	12/12 - 2020	lanjutkan bab 3	↑
4.	4/2 - 2021	Buat sket/gambar alat	↑
5.	24/2 - 2021	Ace, sempoa	↑
6.	14/4 - 2021	kembali gambar rancangan	↑
7.	22/09 - 2021	Ace seminar hasil	↑

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

Peserta seminar

Nama : Toto Herdianto Tumanggor  
 NPM : 1607230002  
 Judul Tugas Akhir : Pembuatan Solar Water Heater Double Slope Dengan Sistem otomatis Katup Air.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Chandra a Siregar.S.T.M.T		: 
Pemanding – I	: H.Muharnif.S.T.M.Sc		: 
Pemanding – II	: <del>Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T</del> M. Yani, ST. MT.		: 
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230088	ALVI MAULANA	
2	1607230074	HARLYADI AOKA	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 30 Shafar 1443 H  
07 Oktober 2021 M

Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar.S.T.M.T



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Toto Herdianto Tumanggor  
NPM : 1607230002  
Judul T.Akhir : Pembuatan Solar Water heater Double Slope Dengan Sistem Otomatis  
Katup Air.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

KEPUTUSAN

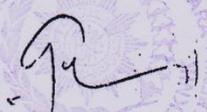
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

Lihat bucu skripsi

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 30 Shafar 1443H  
07 Oktober 2021M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

  
H.Muharnif.S.T.M.Sc

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Toto Herdianto Tumanggor  
NPM : 1607230002  
Judul T.Akhir : Pembuatan Solar Water heater Double Slope Dengan Sistem Otomatis Katup Air.

Dosen Pembimbing - I : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pembanding - II : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

Revisi bagian pada draft skripsi.

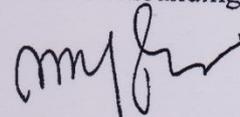
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 30 Shafar 1443H  
07 Oktober 2021M

Diketahui  
Ketua Prodi, T.Mesin

  
Chandra A Siregar.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II

  
M.Yani.S.T.M.T



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

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

Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website : <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail : [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 392/III.3AU/UMSU-07/F/2021**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 2 Maret 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : TOTO HERDIANTO TUMANGGOR  
Npm : 1607230002  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : X (SEPULUH)  
Judul Tugas Akhir : PEMBUATAN SOLAR WATER HEATER DOUBLE SLOPE DENGAN SISTEM OTOMATIS KATUP AIR  
Pembimbing : CHANDRA A SIREGAR, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

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

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

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 18 Rajab 1442 H

02 Maret 2021 M

Dekan



**Munawar Alfansury Siregar, ST., MT**

**NIDN: 0101017202**



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### **DATA PRIBADI**

Nama : Toto Herdianto Tumanggor  
NPM : 1607230002  
Tempat/Tanggal Lahir : Riau / 23 Maret 1998  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status Perkawinan : Belum kawin  
Alamat : Dusun Pinang Damai  
    Kecamatan : Torgamba  
    Kabupaten : Labuhan Batu Selatan  
    Provinsi : Sumatera Utara  
Nomor Hp : 0822-9660-9054  
E-mail : [totoherdianto566@gmail.com](mailto:totoherdianto566@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
    Ayah : Kadiman Tumanggor  
    Ibu : Sulasmi, AMKeB

### **PENDIDIKAN FORMAL**

2004-2010 : SD Negeri 001 Simpang Kanan  
2010-2013 : MTS Al-Falah Simpang Kanan  
2013-2016 : MAS Hidayatullah Tanjung Morawa  
2016-2021 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara