

TUGAS AKHIR

PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT TERHADAP KINERJA SOLAR WATER HEATER DOUBLE SLOPE

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

Disusun Oleh:

ZULKARNAIN
1607230168



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Proposal penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : ZULKARNAIN
NPM : 1607230168
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Kemiringan sudut Terhadap Kinerja
Solar water heater double slope
Bidang ilmu : Konversi Energi

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

Medan, 15 oktober 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji



H. Muhamrif S.T., M.sc.,

Dosen Penguji



Riadini Wanty Lubis S.T., M.T

Dosen Penguji



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

Ketua Program Studi Teknik Mesin



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Zulkarnain
Tempat /Tanggal Lahir : Lidah Tanah
NPM : 1607230168
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Kinerja *Solar Water Heater Double Slope*”,

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

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

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

Medan, 15 Oktober 2021

Saya yang menyatakan



Zulkarnain

ABSTRAK

Pemanas air tenaga surya/matahari merupakan energi surya yang sampai ke bumi, dapat dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas yang berguna melalui suatu alat yaitu kolektor surya. Kolektor surya menggunakan kemiringan sudut 30° 45° 60° sebagai penyerap panas dan fluida kerja melewati pipa. Pemanas air tenaga surya merupakan salah satu alat yang menggunakan kolektor surya dengan memanfaatkan energi panas matahari untuk memanaskan air. Besarnya radiasi matahari yang diterima oleh kolektor surya di antaranya dipengaruhi oleh sudut (β) bidang permukaan kolektor surya. Kemiringan sudut berhubungan dengan sudut datang matahari langsung (θ) sehingga dapat mempengaruhi besarnya radiasi matahari yang diterima kolektor surya. Pemanas air tenaga surya yang diteliti dapat digunakan sebagai alat alternatif mengubah air dingin menjadi air hangat untuk mandi. Potensi radiasi surya yang paling besar pada jam 12:00-12:00 yakni $908,712 \text{ w/m}^2$ Disebabkan oleh posisi matahari tegak lurus dengan alat pemanas air tenaga surya. Setelah dilakukan penelitian kemiringan sudut 30° merupakan sudut yang paling efektif dimana temperatur air yang di dapat 45°c pada pukul jam setengah 12:30 WIB, laju perpindahan panas radiasi $92,86 \text{ Watt}$ perhari serta air yang dihasilkan 106 liter/hari .

ABSTRACT

Solar water heaters are solar energy that reaches the earth, can be collected and converted into useful heat energy through a device, namely a solar collector. The solar collector uses an angle of 30° 45° 60° as a heat sink and working fluid passes through the pipe. A solar water heater is a device that uses a solar collector by utilizing solar thermal energy to heat water. The amount of solar radiation received by the solar collector is influenced by the angle (β) of the surface of the solar collector. The tilt angle is related to the angle of incidence of the direct sun (θ) so that it can affect the amount of solar radiation received by the solar collector. The researched solar water heater can be used as an alternative tool to convert cold water into warm water for bathing. The greatest potential for solar radiation at 12:00-12:00 is 908.712 w/m². Caused by the position of the sun perpendicular to the solar water heater. After doing research the slope angle of 30° is the most effective angle where the water temperature is 45°c at half past 12:30 WIB, the radiation heat transfer rate is 92.86 Watts per day and the water produced is 106 liters/day.

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 “Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Kinerja *Solar Water Heater Double Slope*” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing serta ketua program 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 Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
3. Ibu Riadini Wanti Lubis, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
4. Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Seketaris Program studi Teknik Mesin, Univeritas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Bapak Dr. Ade Faisal S.T.,Phd selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
7. Seluruh Bapak/ Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

8. Orang tua penulis: Mariamah Sinaga dan Irwansyah, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis
9. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
10. Sahabat-sahabat penulis: Abdi Kurniawan, Wahyu pratama, Ari Gunawan, Toto Ardianto tumanggor, dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu persatu.

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 teknik Mesin

Medan, 15 Oktober 2021

Zulkarnain

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	2
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. <i>Solar Water Heater</i>	3
2.1.1 Teori dasar radiasi	5
2.1.2 Pemanfaatan Energi Surya	5
2.2. Kolektor Penyerap Panas	6
2.3. Perpindahan Panas	7
2.3.1 <i>Konduksi</i>	7
2.3.2 <i>Konveksi</i>	7
2.3.3 <i>Radiasi</i>	8
2.4. Jenis-jenis kolektor	8
2.4.1 <i>Solar water heater</i>	9
2.4.2 <i>Solar cooker</i>	9
2.4.3 <i>Solar drier</i>	9
2.4.4 <i>Solar architecture</i>	10
2.4.5 <i>Solar distillation water</i>	11
2.5 LCD (Liquid Crystal Display)	11

BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Tempat dan Waktu	15
3.1.1. Tempat Penelitian	15
3.1.2. Waktu Penelitian	15
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	
3.2.1 Bahan yang digunakan	16
3.2.2 Alat-alat penelitian	16
3.3 Bagan Alir Penelitian	19
3.4 Prosedur Penelitian	20
3.5 Prosedur Pengujian	
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil Pengambilan data	22
4.1.1 Hasil Pengujian kemiringan 30°	22
4.2 Hasil Pengambilan Data	27
4.2.1 Hasil Pengujian Kemiringan 45°	27
4.3 Hasil Pengambilan Data	32
4.3.1 Hasil Pengujian Kemiringan 60°	32
4.4 Data Perhitungan Pada Kolektor	37
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Kesimpulan	40
5.2. Saran	40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

SK PEMBIMBING

BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino uno (http://www.arduino.cc)	10
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Matahari Dan Bumi

Gambar 2.2 *Konduksi*

Gambar 2.3 *Konveksi*

Gambar 2.4 *Radiasi*

Gambar 2.5 *Solar Water Heater*

Gambar 2.6 *Solar Cooker*

Gambar 2.7 *Solar Drier*

Gambar 2.8 *Solar Archirture*

Gambar 2.9 *Solar Distilation Water*

Gambar 2.10 Lcd (Liquid Cristal Display)

Gambar 3.1 Kaca Bening

Gambar 3.2 Air

Gambar 3.3 Arduino Uno

Gambar 3.4 Flow Meter Sensor

Gambar 3.5 Sensor Suhu DS18B20

Gambar 3.6 Selenoid Water Valve

Gambar 3.7 Sensor Dht 11

Gambar 3.8 Rol Busur

Gambar 3.9 Laptop

Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian

DAFTAR NOTASI

1. Q = Jumlah kalor yang dipindahkan (W) 4
2. k = Konduktivitas termal bahan ($W / m \cdot ^\circ C$) 4
3. A = Luas bidang pemanasan (m^2) 4
4. $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ = Gradien temperatur ($^\circ C / m$) 4
5. L = Tebal bahan (m) 5
6. h = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W / m \cdot ^\circ C$) 6
7. A = Luas penampang perpindahan kalor secara konveksi (m^2) 6
8. T_s = Temperatur permukaan ($^\circ C$) 6
9. T_∞ = Temperatur fluida yang terletak jauh dari permukaan ($^\circ C$) 6
10. ε = Emisivitas permukaan 7
11. σ = Konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \cdot 10^{-8} W / m^2 \cdot K^4$) 7
12. T_s = Temperatur daerah sekeliling permukaan ($^\circ C$) 7

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Matahari merupakan sumber utama kebanyakan tenaga yang kini terdapat di bumi. Matahari sebagai bintang terdekat dengan bumi, memberikan tenaga ke bumi secara terus menerus. Bagian matahari tidak dapat didekati untuk penelitian secara langsung. Berdasarkan penelitian permukaan matahari dan pertimbangan teori, diperkirakan bahwa suhu matahari bagian dalam lebih kurang $15 \times 10^6 \text{ K}$. Matahari dapat diandaikan seperti benda hitam yang suhu permukaan tetap pada kisaran $T = 6000 \text{ K}$. Matahari adalah sumber energi primer, yang memberi pengertian bahwa semua energi yang dihasilkan secara alami ataupun secara proses teknologi semuanya bersumber dari matahari. Walau bagaimanapun oleh karena itu matahari begitu penting dan diperlukan manusia, maka pada kebanyakan masa bintang ini dianggap sebagai sebuah bintang yang amat istimewa dan luar biasa.

Energi surya yang sampai ke bumi, dapat dikumpulkan dan di ubah menjadi energi panas yang berguna melalui suatu alat yaitu kolektor surya. Dalam aplikasinya kolektor surya banyak digunakan sebagai alat pemanas air pada rumah-rumah.

Kolektor surya menggunakan kemiringan sudut 30° , 45° dan kemiringan sudut 60° sebagai penyerap panas dan fluida kerja melewati pipa. Untuk mendapatkan hasil pemanasan yang lebih maksimal pelat kolektor tersebut menggunakan aluminium dibentuk pipa segi enam 0,2 mm yang berfungsi untuk menyerap radiasi surya yang dipancarkan oleh matahari. Untuk menjaga agar tidak terjadi kerugian panas secara radiasi dan konversi ke atmosfer, Maka digunakan kaca pelindung sehingga mengurangi terjadinya efek rumah kaca dan untuk lebih memperkecil efek rumah kaca maka kaca pelindung di variasi antara satu kaca penutup.

Pemanas air tenaga surya atau *solar water heater* bekerja berdasarkan fenomena alami, warna gelap pada kolektor menyerap panas, dan air panas mengalir ke wadah penyimpanan. Sistem ini sangat sederhana dan bagian yang bergerak hanyalah air itu sendiri.

Prinsip kerja *solar water heater* (pemanas air secara langsung) matahari memanaskan kolektor yang sudah di isi air baku, air yang sudah dipanaskan melalui tenaga (sinar radiasi) mengalir ke dalam wadah penampungan sedangkan air dingin turun dibagian bawah kolektor.

Matahari memanaskan air tersebut di dalam kolektor, dan sirkulasi berlangsung terus menerus. Prinsip ini disebut efek thermisiphon. Makin besar perbedaan temperatur air, maka makin cepat aliran air panas mengalir ke dalam wadah penampungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengembangkan *solar water heater double slope* dengan menggunakan kemiringan sudut pengumpul surya.
2. Bagaimana pengaruh variasi kemiringan sudut kolektor surya.

1.3 Ruang Lingkup

1. Kapasitas kolektor atau *solar water heater* yang di gunakan sebanyak 63 liter.
2. Kemiringan Sudut Yang Digunakan Kolektor Surya Sebesar 30° , 45° , dan kemiringan 60° .

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk menganalisa terhadap efesiensi penyerapan panas pada pipa honeycomb terhadap kolektor.
2. Untuk menganalisa terhadap efesiensi *Solar Water Heater Double Slope* dengan variasi kemiringan sudut 30° , 45° , dan kemiringan sudut 60° .

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memanfaatkan energi surya sebagai energi alternatif pengganti energi fosil untuk memanaskan air.
2. Mendapatkan kolektor surya pemanas air dengan efesiensi yang lebih baik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Solar water heater*

Solar water heater merupakan salah satu alat yang menggunakan kolektor surya dengan memanfaatkan energi panas matahari untuk memanaskan air. Besarnya radiasi matahari yang diterima oleh kolektor surya di antaranya dipengaruhi oleh sudut (β) bidang permukaan kolektor surya. Sudut kemiringan berhubungan dengan sudut datang matahari langsung (θ) sehingga dapat mempengaruhi besarnya radiasi matahari yang diterima oleh kolektor surya. Dengan memvariasikan nilai sudut kemiringan kolektor surya, dapat diketahui nilai sudut yang optimal kolektor surya untuk menyerap energi panas matahari. arah hadap kolektor surya di variasikan pada arah mata angin yang optimal. Kemudian sudut kemiringan kolektor surya divariasikan pada kemiringan sudut 30° , 45° , dan kemiringan sudut 60° .(KA.Ridwan et al., 2019)

Kolektor surya dibuat dengan menggunakan dengan kaca penutup jenis kaca bening dan tube pemanas yang terbuat dari honeycomb aluminium. Aliran air dalam honeycomb pemanas diatur konstan pada debit 63 liter/jam kolektor 30 mm pengujian dilakukan di jl. Moh Yakup Lubis, Bandar Klippa, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20371 di gedung lantai 2 mulai dari jam 08:00 hingga 16:00 WIB dengan pengambilan data setiap setengah jam sekali. Berdasarkan hasil pengujian, kolektor surya mengalami penyerapan radiasi optimal pada kemiringan sudut 30° menghadap utara.(Siregar et al., 2018)

Energi surya adalah energi panas matahari yang potensinya mencapai 207,9 GW sementara pemanfaatannya hanya sekitar 78,5 MW Dengan tantangan penyediaan energi dan potensi energi surya tersebut, banyak dilakukan penelitian untuk dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi surya. Salah satu pemanfaatan energi surya adalah penggunaan kolektor surya untuk mengumpulkan energi panas matahari. *Solar water heater* merupakan salah satu alat yang menggunakan kolektor surya untuk memanaskan air.(Sulistyo et al., 2016)

Kolektor surya digunakan untuk mengumpulkan energi panas radiasi matahari yang kemudian energi panas tersebut diteruskan ke dalam air yang mengalir di dalamnya. Besarnya energi panas matahari yang diterima kolektor surya, bergantung dari intensitas radiasi matahari tiap waktu, sudut pasang serta kemampuan kolektor surya untuk menyerap energi panas radiasi matahari. Kemiringan sudut dan arah hadap kolektor surya berhubungan dengan sudut datang radiasi langsung matahari. (Sulistyo et al., 2016)

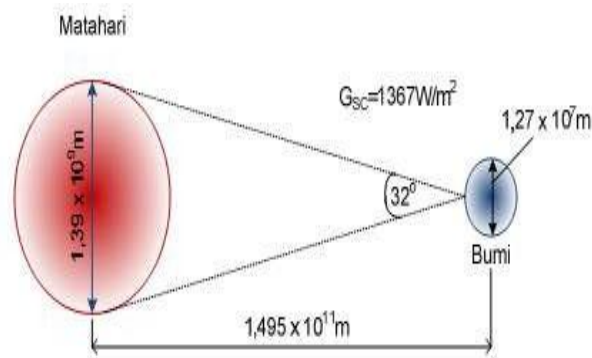
Radiasi matahari langsung mempunyai sudut datang (θ) untuk mencapai permukaan. Dengan mengatur kemiringan sudut permukaan kolektor surya dapat mengoptimalkan energi radiasi matahari yang diterima kolektor surya. Selain kemiringan sudut, arah hadap kolektor surya juga mempengaruhi besarnya energi panas radiasi matahari yang dapat diterima kolektor surya. Selain memvariasikan kemiringan sudut, pada penelitian ini juga meneliti arah hadap kolektor surya untuk mendapatkan penyerapan energi matahari yang optimal. Modifikasi komponen-komponen pada kolektor surya merupakan cara untuk dapat meningkatkan performansi *solar water heater* (Yadav dan Chandel, 2013)

Rancang bangun *solar water heater* dengan variasi kemiringan sudut serta arah hadap kolektor surya diharapkan mampu menjadi salah satu alternatif dalam optimalisasi pemanfaatan energi matahari, kemiringan sudut kolektor divariasikan sebesar 30°, 45°, dan kemiringan sudut 60°. Ini di maksudkan untuk mencari identitas yang paling baik antara ketiga variasi kemiringan sudut tersebut. (Siregar & Siregar, 2019)

Pemanas air sistem kolektor honeycomb ini bekerja berdasarkan fenomena sifon panas (*thermosyphone*) yaitu konveksi alamiah yang mengalirkan air panas kedalam wadah.

2.1.1 Teori Dasar Radiasi

Matahari mempunyai diameter $1,39 \times 10^9 m$. Bumi mengelilingi matahari dengan lintasan berbentuk ellipse dan matahari berada pada salah satu pusatnya. Jarak rata-rata matahari dari permukaan bumi adalah $1,49 \times 10^{11} m$. Daya radiasi rata-rata yang diterima atmosfer bumi yaitu (G_{sc}) $1367 W / M^2$. Gambar 2.1 menunjukkan antara matahari dan bumi.



Gambar 2.1 matahari dan bumi

(Ambarita,H,2011)

Lintasan bumi terhadap matahari berbentuk ellipse, maka jarak antara bumi dan matahari tidak konstan. Jarak terdekat adalah $1,47 \times 10^{11} m$ yang terjadi pada tanggal 3 Januari 2011, dan jarak terjauh pada tanggal 3 juli 2020 dengan jarak $1,52 \times 10^{11} m$. Karena adanya perbedaan jarak ini, menyebabkan radiasi yang diterima atmosfer bumi juga akan berbeda.

Beberapa istilah yang biasanya dijumpai pada perhitungan radiasi adalah :

1. Air Massa adalah perbandingan massa udara sampai ke permukaan bumi pada posisi tertentu dengan massa udara yang dilalui sinar jika matahari tepat pada posisi zenit

2.1.2 Pemanfaatan Energi Surya

Dalam era ini, penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui 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 diperbarui contohnya air, angin dan energi surya.

2.2 Kolektor penyerap panas

Kolektor surya merupakan suatu peralatan penerima radiasi surya sekaligus mengkonversinya menjadi energi berbentuk panas. Kolektor surya menyerap energi dari matahari melalui plat kolektor dan mengkonversinya menjadi panas lalu panas tersebut digunakan langsung atau disimpan terlebih dahulu pada suatu penyimpanan panas. Panas yang dihasilkan kemudian di transferkan ke fluida kerja yang bersirkulasi di dalam kolektor surya kemudian dimanfaatkan dalam berbagai macam aplikasi. Salah satu contoh dalam penggunaan kolektor surya adalah *solar water heater* yang menggunakan media air sebagai fluida kerjanya.

2.3 Perpindahan panas

Perpindahan panas adalah salah satu dari disiplin ilmu teknik termal yang mempelajari tentang perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan temperature diantara kedua benda atau material. Dimana, energi akan berpindah dari temperatur media yang lebih tinggi ke temperatur media yang lebih rendah. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme, yaitu: *Konduksi* , *Konveksi*, *Radiasi*.

2.3.1 Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas yang terjadi pada suatu benda padat, atau pada benda yang diam. Konduksi terjadi akibat adanya perbedaan temperatur antara permukaan yang satu dengan permukaan yang lain pada benda tersebut. umumnya logam, Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi diusulkan oleh. Hubungan ini menyatakan bahwa q_k , laju aliran panas dengan cara konduksi dalam suatu bahan, sama dengan hasil kali dari tiga buah besaran berikut (J.B.J. Fourier dalam tahun 1882):

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad 2.2$$

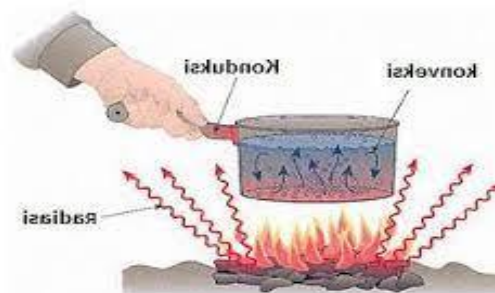


Gambar 2.2 Konduksi

2.3.2. Konveksi

Konveksi adalah bila suatu benda padat berhubungan (kontak) dengan fluida yang berbeda suhunya, akan terjadi perpindahan panas (energi) secara konveksi dari benda bersuhu tinggi ke fluida bersuhu rendah (atau sebaliknya jika suhu fluida lebih tinggi), laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan :

$$q_c = \bar{h}_c A \Delta T \quad 2.4$$

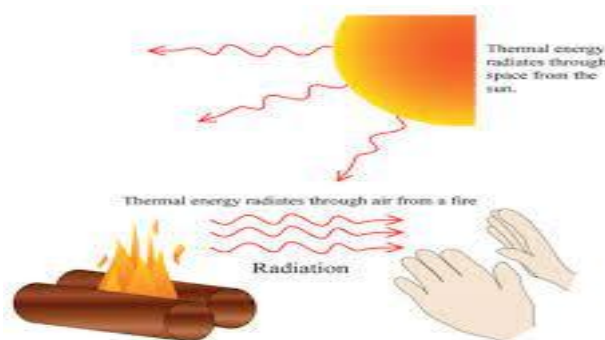


Gambar 2.3 konveksi

2.3.3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas radiasi terjadi secara langsung oleh perbedaan suhu, maka sebagian energi radiasi tersebut akan dipantulkan, sebagian akan diserap, dan sebagian lagi akan diteruskan. Intensitas radiasi matahari akan berkurang penyerapan dan pemantulan yang dilakukan oleh atmosfer, sebelum intensitas matahari mencapai permukaan bumi, Jadi walaupun antara bumi dan matahari merupakan ruang hampa, panas matahari tetap sampai ke bumi melalui perpindahan panas secara radiasi. Besarnya laju perpindahan panas secara radiasi adalah:

$$q_r = \sigma A I T^4 \text{ Btu / hr} \quad 2.4$$



2.4 Radiasi

2.3.4. Efisiensi Kolektor

Pengertian efisiensi kolektor

Prinsip dasar untuk menghitung efisiensi kolektor ini adalah dengan membandingkan besar kenaikan temperatur fluida yang mengalir di dalam kolektor dengan intensitas cahaya matahari yang diterima kolektor.

Untuk kerja suatu kolektor surya biasanya dinyatakan dalam efisiensi yang didefinisikan sebagai:

$$\eta_a = \frac{q_u \cdot a}{A_c \times I_T} 100\%$$

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot C_p (T_{Fo} - T_{Fi})}{A_c \cdot I_T}$$

2.4. Jenis-jenis pemanas air tenaga surya

2.4.1. *Solar water heater* (pemanas air tenaga surya)

Prinsip kerja *solar water heater* adalah memanaskan air dialiran 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. *Solar water heater* juga dilengkapi beberapa sensor untuk menjaga suhu air yang diinginkan. *Solar water heater* juga dapat memanaskan air menggunakan listrik jika cuaca hujan/mendung



Gambar 2.5 *Solar Water Heater*

(Tang,R,2011)

2.4.2. *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

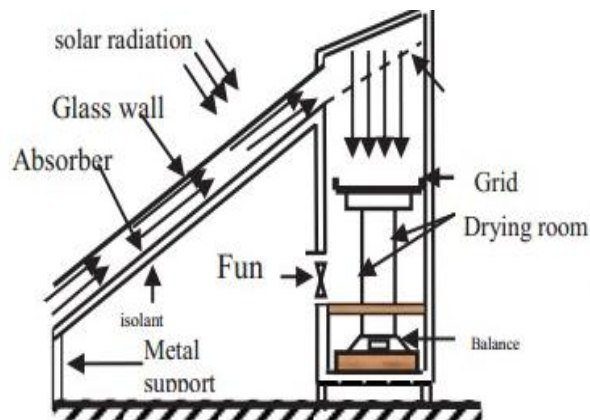


Gamabar 2.6 *Solar Cooker*

(<http://www.niftyhomestead.com/blog/solar-cooker/>)

2.4.3 *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 Driers*. Cara kerjanya udara yang masuk kedalam kolektor akan dipanaskan oleh energi surya, udara yang telah panas kemudian masuk kedalam kotak pengering. Kotak pengering inilah yang diisi produk-produk pertanian yang dikeringkan



Gambar 2.7 *Solar Drier*

(Sumber:Choicha ,S, 2014)

. 2.4.4 *Solar Architecture*

Dalam bidang arsitektur, pemanfaatan energy 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 energy termalnya. Fungsi dari solar architecture adalah untuk membuat ruangan menjadi nyaman

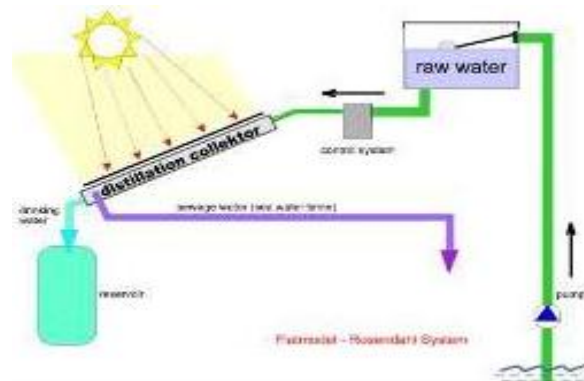


Gambar 2.8 *Solar architecture*

([www://inhabitat.com/solar-pavilion](http://www.inhabitat.com/solar-pavilion))

2.4.5 Solar Distillation water

Solar Destilasi/ purification digunakan untuk memurnikan air maupun memisahkan air dengan air garam. Cara kerjanya adalah air laut dipompakan setelah itu melewati kolektor, dengan panas dari energi surya ini, air akan menguap dan menyisihkan garam. Uap dikondensasikan menjadi air. Sehingga didapat 2 hasil yaitu garam dan air tawar.



Gambar 2.9 Solar Distillation Water

(<http://benjimester.hubpages.com/hub/solar-water-distiller-solar-still>)

2.5 Menurut beberapa teori dapat disimpulkan bahwa pengontrolan adalah pengendalian suatu proses sistem kerja yang dapat dikendalikan sesuai dengan keinginan manusia dalam mengerjakan segala aktivitas.

Sistem kontrol berdasarkan cara kerjanya dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem kontrol loop tertutup.

Metode yang digunakan dalam sistem kontrol penerangan ini adalah metode simulasi yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk mencari gambaran melalui sebuah sistem berkala kecil ada sederhana (model) dimana di dalam model tersebut akan dilakukan manipulasi atau kontrol untuk melihat pengaruhnya penelitian ini membutuhkan lingkungan yang benar-benar serupa dengan keadaan atau sistem yang asli. (Dahlan, 2017)

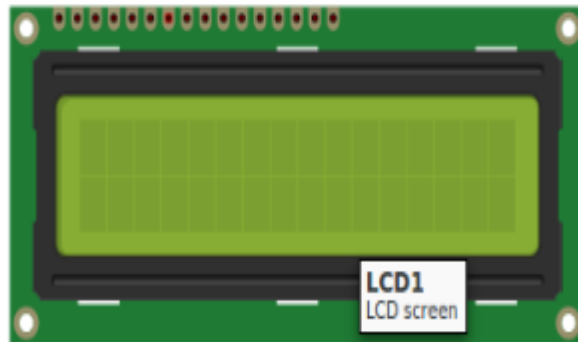


Gambar 2.10 Arduino Uno

2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD adalah modul display atau penampilan .Pada sistem ini digunakan LCD 16x2 tipe M1632 dengan ukuran 80mm x 36mm x 12.5mm. LCD ini banyak digunakan karena memiliki beberapa fitur,diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris
2. Mempunyai 192 karakter tersimpan
3. Terdapat karakter generator terprogram
4. Dapat diprogram dengan mode 4 bit dan 8 bit. (Dahlan, 2017).



Gambar 2.11 LCD (Liquid Cristal Display)

2.7. Metode yang digunakan adalah metode riset dan pengembangan (R&D) yang menghasilkan produk alat pengukur suhu yang dapat digunakan dalam penentuan kualitas air. Berikut adalah gambar sensor DS18B20 Waterproof yang digunakan dalam penentuan temperatur seperti yang terlihat pada gambar (Rozaq & DS, 2017)



Gambar 2.12 (Sensasor DS18B20)

2.8 Solenoid valve merupakan sebuah katup yang digerakkan oleh energy listrik yang mempunyai kumparan sebagai penggerakannya. Kumparan ini berfungsi untuk menggerakkan piston yang dialiri oleh arus AC ataupun DS sebagai daya penggera. Solenoid valve memiliki 2 buah saluran yaitu saluran masuk (inlet port) dan saluran keluar (outlet port). Saluran masuk berfungsi sebagai lubang masukan untuk cairan atau air. Saluran keluar berfungsi sebagai terminal atau tempat keluarnya cairan [6]

Selain itu, solenoid valve juga memiliki respon membuka dan menutup yang cepat berdasarkan penelitian sebelumnya, solenoid valve sangat penting untuk digunakan pada sebuah sistem yang menggunakan control otomatis [7]. Solenoid valve juga memiliki tingkat keandalan yang tinggi awet dan memiliki nilai ekonomis[8].(Sansy Bhawana Mulia, Spd. & Mindit Eriyadi, S.pd., 2018)

Solenoid vale adalah salah satu kran yang dirancang menggunakan solenoid sebagai control nya, kran ini aktif ketikan diberikan tegangan minilal 12 volt dengan arus 1,2 ampere unruk tiap kran. Kran ini hanya mampu on dan off saja karena solenoid pada prinsipnya bekerja pada dua kondisi yaitu hanya on dan off. Gambar 2.12 menunjukkan bentuk fisik dan bagian yang terdapat pada solenoid valve. (Raufun & Ardiansyah, 2018)



Gambar 2.13 solenoid valve

2.9. Flowmeter (water flow sensor)

Flowmeter adalah alat untuk mengukur jumlah atau laju aliran air dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka. Alat ini terdiri dari primary device, yang disebut sebagai alat utama dan secondary device (alat bantu sekunder). Flowmeter umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu alat utama dan alat bantu skunder. Alat utama menghasilkan suatu signal yang merespon terhadap aliran karena laju aliran tersebut telah terganggu. Alat utamanya merupakan sebuah orifis yang menggagu laju aliran, yaitu menyebabkan terjadinya penurunan tekanan. Alat bantu skunder menerima sinyal dari alat utama lalu menampilkan, merekam, dan /atau menstransmisikannya sebagai hasil dari laju aliran.(Suharjono et al., 2015).



Gambar 2.14 Flow Meter Sensor

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Tempat Dan Waktu

3.1.1 Tempat

Penelitian Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Kinerja *Solar Water Heater Double Slope*

dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dan kegiatan pengujian dilakukan sejak tanggal usulan oleh Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara seperti yang tertera pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian.

No	Uraian Kegiatan	Waktu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul						
2	Studi Litelatur						
3	Desain Alat						
4	Perakitan Alat						
5	Pengujian Alat						
6	Penulisan Bab 1 s/d Bab 3						
7	Seminar Proposal						
8	Pengujian dan Pengolahan Data						
9	Penyelesaian penulisan						
10	Sidang						

3.2 Bahan Dan Alat

3.2.1 Bahan yang di gunakan

1. Kaca bening

Kaca digunakan sebagai media penghantar panas matahari ke kolektor panas berbentuk honeycomb berdiameter 30 mm seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kaca Bening

2. Air

Air digunakan sebagai media uji yang dipanaskan didalam honeycomb seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Air

3.2.2 Alat yang digunakan

1. Arduino UNO

Alat ini digunakan sebagai pembaca sensor yang ada pada kolektor panas honeycomb seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Arduino UNO

2. *Flow Meter Sensor*

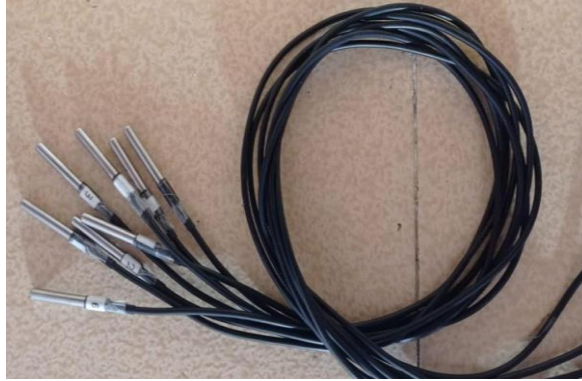
Flow meter ini digunakan untuk membaca debit air yang masuk pada kolektor panas honeycomb seperti yang terlihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Flow Meter Sensor

3. Sensor Suhu DS18B20

Sensor ini digunakan untuk membaca temperatur air yang ada pada kolektor panas seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Sensor suhu DS18B20

4. *Solenoid Water Valve*

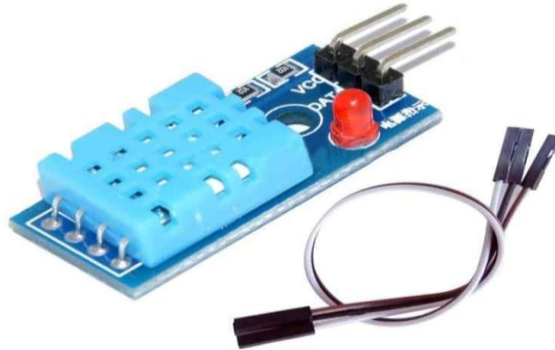
Solenoid ini digunakan sebagai katup otomatis yang akan membuka dan menutup aliran masuk dan keluar air seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 *Solenoid Water Valve*

5. Sensor DHT 11

Sensor ini digunakan sebagai alat yang akan membaca temperatur lingkungan selama pengujian seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Sensor DHT 11

6. Rol Busur

Rol busur digunakan sebagai alat yang akan mengukur sudut kemiringan kolektor panas seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rol Busur

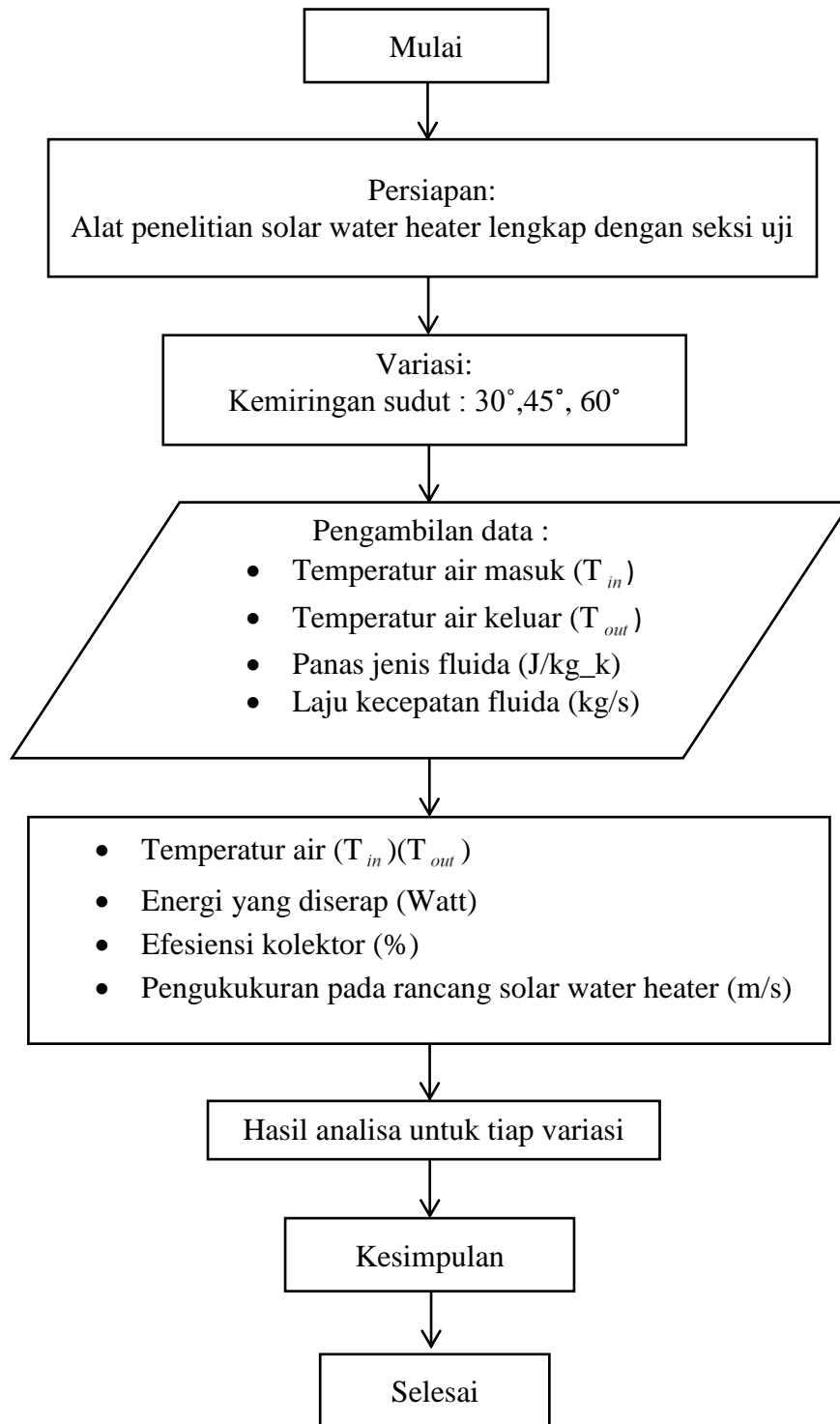
7. Laptop

Laptop yang digunakan untuk menyimpan data temperatur kolektor dan temperatur lingkungan selama pengujian dengan spesifikasi Intel ® Core™ i3-4005U CPU @ 1.70 GHz 1.70 GHz seperti yang terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Laptop

3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.10 Bagan Alir Penelitian

3.4 Prosedur Percobaan

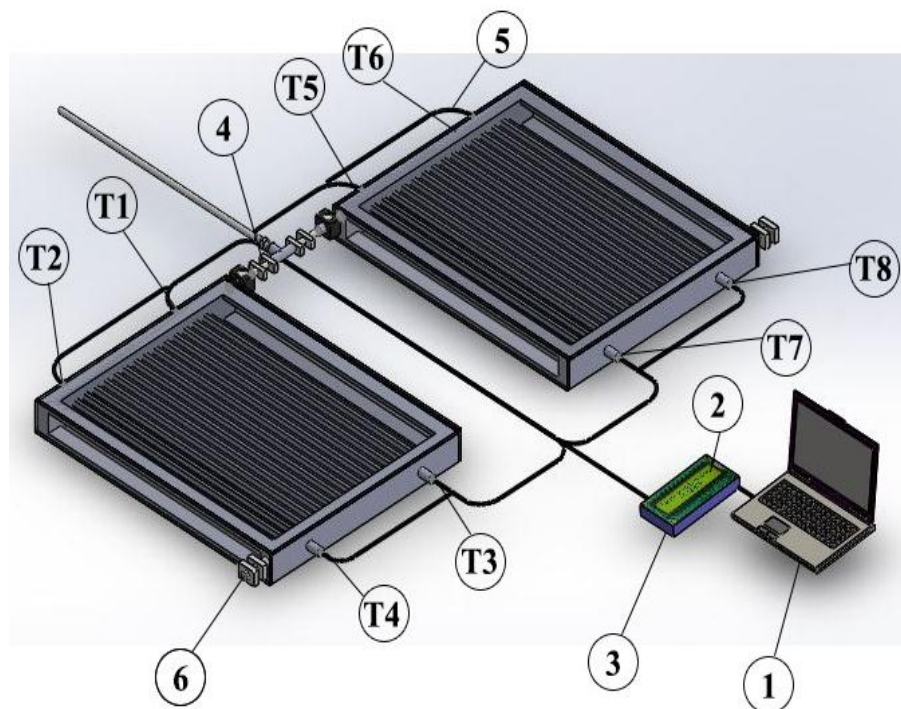
Prosedur percobaan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang dibutuhkan untuk pengujian
2. Meletakkan kaca diatas honeycomb berdiameter 30 mm untuk menyerap panas matahari
3. Membuat jalur masuk air ke honeycomb berdiameter 30 mm
4. Membuat sudut kemiringan honeycomb dengan sudut 30°
5. Membuat Kemiringan Sudut honeycomb 45°
6. Membuat Kemiringan sudut honeycomb 60°
7. Menghubungkan arduino ke laptop sebagai metode pengambilan data temperatur air di dalam honeycomb
8. Mencatat hasil yang di dapat oleh sensor menggunakan software plx daq
9. Selesai.

3.5 Gambar alat penelitian

Dalam penelitian ini, memerlukan plat aluminium dengan ketebalan 0,2mm yang dibentuk sarang lebah (*honeycomb*), untuk membuat komponen utama sebagai pemanas air. Plat aluminium adalah komponen utama yang berfungsi untuk menangkap atau menyerap panas matahari sebagai upaya pemanasan air.

Alat aluminium ini dibentuk dengan sedemikian rupa, sesuai dengan kebutuhan. Tidak hanya itu plat aluminium yang dibentuk sarang lebah (*Honeycomb*) berdiameter 30 mm dengan panjang 1000 mm x 800 mm juga untuk mengalirkan air panas kedalam tangki penampung air. Diujung pipa bagian bawah juga disematkan katub otomatis (*Solenoid valve*) sebagai pengatur suhu air apabila air telah mencapai suhu yang diinginkan maka air akan mengalir ke tangki atau ember penampung air panas. Air yang berada didalam tangki penampungan air panas secara otomatis dialirkan kesetiap bak kamar mandi dan langsung bisa digunakan.



Gambar 3.11 Kolektor surya/*Solar Water Heater*

3.5.1 Bagian-bagian Alat penelitian:

1. Laptop

Laptop digunakan untuk menyimpan data temperature kolektor

2. Lcd

Lcd digunakan untuk menampilkan data

3. Arduino

Arduino pembaca sensor pada kolektor

4. Flow meter sensor

Flow meter sensor digunakan membaca debit air masuk

5. Sensor suhu DS18B20

- Temperatur 1 membaca temperatur suhu air masuk yang ada dalam kolektor
- Temperatur 2 membaca temperatur suhu air pada kolektor
- Temperatur 3 membaca temperatur suhu air pada kolektor
- Temperatur 4 membaca temperatur suhu air keluar
- Temperatur 5 membaca temperatur suhu air masuk yang ada dalam kolektor
- Temperatur 6 membaca temperatur suhu pada kolektor
- Temperatur 7 membaca temperatur suhu pada kolektor
- Temperatur 8 membaca suhu air keluar

6. Solenoid Water Valve

Digunakan sebagai katup otomatis yang membuka menutup aliran air

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengambilan data

Hasil pengujian yang dilakukan pada kolektor honeycomb berdiameter 30 mm dengan kapasitas air di dalam kolektor 63 liter.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa panas yang di hasilkan dengan Kemiringan Sudut 30° temperatur yang di hasilkan 44°C. Penelitian yang dilakukan pada kolektor honeycomb berdiameter 30 mm dilakukan selama 8 jam berdasarkan terbitnya matahari hingga terbenamnya matahari untuk mendapatkan hasil penyerapan panas yang maksimal seperti yang terlihat pada gambar 4.1.

4.1.1 Hasil Pengujian Kemiringan sudut 30°

COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8
12:48:34 PM	34.8125	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:48:37 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:48:40 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:48:44 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:48:47 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:48:51 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:48:54 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:48:58 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125
12:49:01 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:05 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:08 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:12 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:15 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:18 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:22 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:25 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:29 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:32 PM	35	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:36 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:39 PM	35.0625	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125
12:49:43 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.1875
12:49:46 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.25
12:49:50 PM	35.0625	35.5	32	31	32.3125	32.375	30	29.1875
12:49:53 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875
12:49:56 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875
12:50:00 PM	34.9375	36	32	31	32.375	32.375	30	29.1875
12:50:03 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.4375	30	29.1875
12:50:07 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875
12:50:10 PM	35.0625	36	32	31	32.4375	32.375	30	29.1875

Gambar 4.1 Data hasil pengujian *honeycomb* Kemiringan sudut 30°

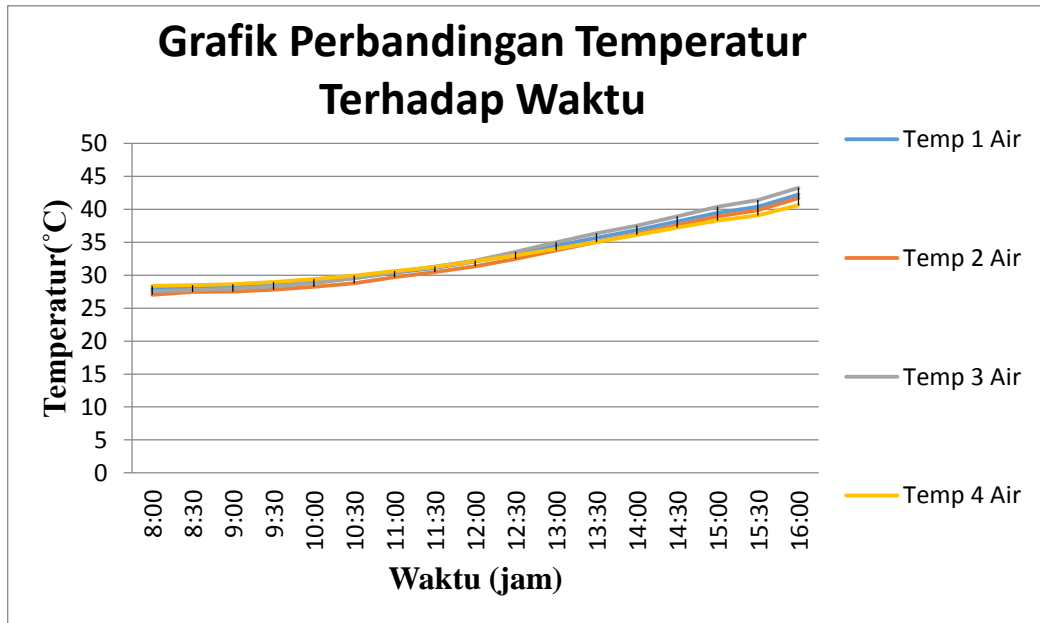
Data yang didapatkan melalui pengujian yang dilakukan pada tanggal 25 september 2021. Hasil pengujian yang dilakukan selama 8 jam dalam sehari dituangkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan data rata-rata selama 30 menit, data ini ditampilkan pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Tabel data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm menggunakan kemiringan sudut 30°

Jam	Kemiringan	Temp 1	Temp 2	Temp 3	Temp 4
Wib	Sudut	Air	Air	Air	Air
8:00		27.9098	27.0362	27.5745	28.3854
8:30		28.0383	27.4717	27.7313	28.4747
9:00		28.2273	27.5	27.9503	28.6526
9:30		28.4796	27.8165	28.2767	28.9541
10:00		28.8769	28.2239	28.8264	29.3986
10:30		29.53	28.7991	29.5677	29.9498
11:00		30.3755	29.7096	30.4735	30.6354
11:30		31.125	30.4542	31.3226	31.2757
12:00	30°	32.0617	31.3674	32.2486	32.1253
12:30		33.1575	32.4891	33.5278	33.0158
13:00		34.4367	33.8013	34.9885	34.027
13:30		35.667	35.048	36.3346	35.0557
14:00		36.8513	36.2707	37.4989	36.1313
14:30		38.1466	37.5917	38.9225	37.2197
15:00		39.4817	38.9512	40.3985	38.3183
15:30		40.4095	39.8646	41.4023	39.0957
16:00		42.2117	41.7094	43.2598	40.6258

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 25 september 2021 kolektor panas honeycomb berdiameter 30 mm dengan kemiringan sudut 30°, Didapatkan data berupa temperatur panas air yang dihasilkan mencapai suhu tertinggi pada sensor 3 sebesar 43°C . pada sensor 1, 42°C pada sensor 2, 41°C, pada sensor 3, 43°C dan pada sensor 4, 40°C. Temperatur tertinggi didapatkan pada waktu pengujian pukul 12:00 wib

Tabel 4.1 merupakan honeycomb berdiameter 30 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang ingin di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur yang dihasilkan mencapai 43°C



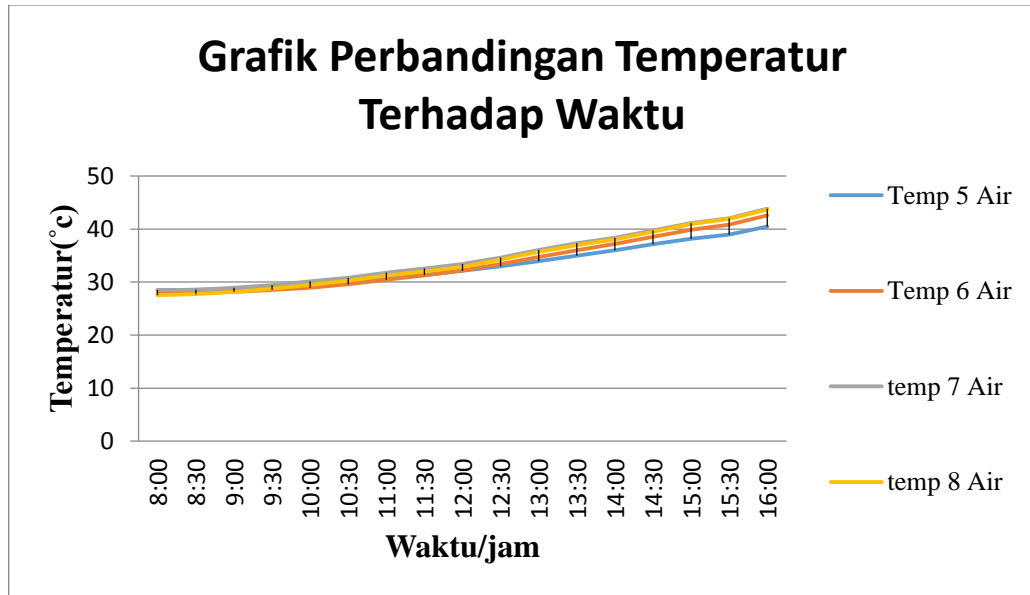
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Temperatur Terhadap Waktu

Tabel 4.2 Tabel data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm menggunakan kemiringan sudut 30°

jam(wib)	Kemiringan Sudut	Temp 5 Air	Temp 6 Air	temp 7 Air	temp 8 Air
8:00		28.4569	27.8035	28.5	27.5444
8:30		28.547	27.9579	28.5043	27.7291
9:00		28.7254	28.1725	28.9585	28.1234
9:30		29.0407	28.4854	29.4266	28.7749
10:00		29.4671	28.9427	30.1413	29.4978
10:30		29.9814	29.5827	30.8231	30.25
11:00		30.6444	30.4629	31.7424	31.2396
11:30		31.268	31.2748	32.5415	31.9943
12:00	30°	32.1084	32.2035	33.3696	32.8595
12:30		32.9749	33.3764	34.583	34.2254
13:00		33.9473	34.7265	36.0371	35.7132
13:30		34.9738	35.9746	37.3013	36.9776
14:00		36.0172	37.1777	38.3493	38.0194
14:30		37.1135	38.5035	39.7009	39.4951
15:00		38.1733	39.8718	41.1	40.9166
15:30		38.9538	40.8138	42.026	41.8822
16:00		40.4258	42.5539	43.8094	43.6559

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 25 september 2021 kolektor panas honeycomb berdiameter 30 mm dengan kemiringan sudut 30°, Didapatkan data berupa temperatur panas air yang dihasilkan mencapai suhu tertinggi pada sensor 7 sebesar 43°C . pada sensor 5, 40°C pada sensor 6, 42°C, pada sensor 7, 43°C dan pada sensor 8, 43°C. Temperatur tertinggi didapatkan pada waktu pengujian pukul 15:00 wib

Tabel 4.2 merupakan honeycomb berdiameter 30 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang ingin di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur yang dihasilkan mencapai 43°C



Gambar 4.2 Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu

4.2 Hasil pengambilan data

Hasil pengujian yang dilakukan pada kolektor honeycomb berdiameter 30 mm dengan kapasitas air di dalam kolektor 63 liter.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa panas yang di hasilkan dengan kemiringan sudut 30° temperatur yang di hasilkan 44°C . Penelitian yang dilakukan pada kolektor honeycomb berdiameter 30 mm dilakukan selama 8 jam berdasarkan terbitnya matahari hingga terbenamnya matahari untuk mendapatkan hasil penyerapan panas yang maksimal seperti yang terlihat pada gambar 4.2.

4.2.1 Hasil Pengujian Kemiringan sudut 45°

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8								
365	12.48.34 PM	34.8125	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
366	12.48.37 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
367	12.48.40 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.125								
368	12.48.44 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.125								
369	12.48.47 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.125								
370	12.48.51 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.125								
371	12.48.54 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.125								
372	12.48.58 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.125								
373	12.49.01 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125								
374	12.49.05 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125								
375	12.49.08 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125								
376	12.49.12 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32	32	30	29.125								
377	12.49.15 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125								
378	12.49.18 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125								
379	12.49.22 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125								
380	12.49.25 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125								
381	12.49.29 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125								
382	12.49.32 PM	35	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.125								
383	12.49.36 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125								
384	12.49.39 PM	35.0625	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.125								
385	12.49.43 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.1875								
386	12.49.46 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.25								
387	12.49.50 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
388	12.49.53 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
389	12.49.56 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
390	12.50.00 PM	34.9375	36	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
391	12.50.03 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.4375	30	29.1875								
392	12.50.07 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
393	12.50.10 PM	35.0625	36	32	31	32.4375	32.375	30	29.1875								

Gambar 4.3 Data hasil pengujian honeycomb kemiringan sudut 45°

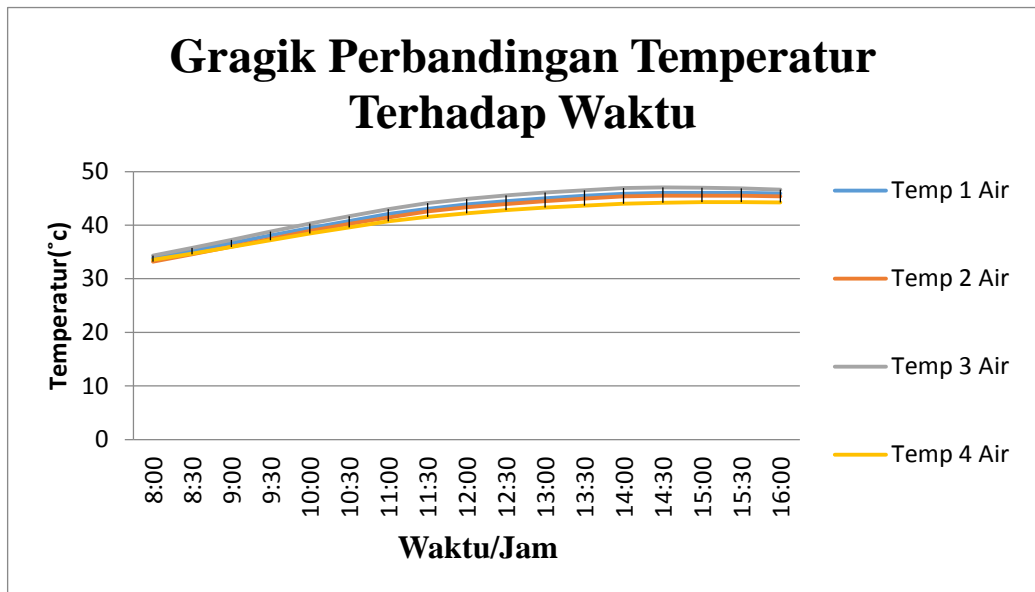
Data yang didapatkan melalui pengujian yang dilakukan pada tanggal 26 september 2021. Hasil pengujian dilakukan 8 jam dalam sehari dituangkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan data rata-rata selama 30 menit, data ini ditampilkan pada tabel 4.3 dibawah ini

Tabel 4.3 Tabel data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm menggunakan Kemiringan sudut 45°

Jam (wib)	Kemiringan sudut	Temp 1 Air	Temp 2 Air	Temp 3 Air	Temp 4 Air
8:00		33.8285	33.208	34.3042	33.5445
8:30		35.219	34.5717	35.7717	34.7019
9:00		36.6509	35.9782	37.2582	35.9244
9:30		38.0898	37.4432	38.7909	37.1913
10:00		39.4707	38.8913	40.2924	38.4291
10:30		40.7954	40.2087	41.694	39.588
11:00		42.0609	41.4432	43.0096	40.7077
11:30		43.066	42.5349	44.1111	41.5546
12:00	45°	43.8753	43.3144	44.9148	42.2273
12:30		44.5	43.9386	45.5556	42.7939
13:00		45.0169	44.4782	46.0759	43.2735
13:30		45.4617	44.9717	46.5125	43.6174
14:00		45.8608	45.3624	46.9255	43.9861
14:30		46.037	45.5	47.0538	44.156
15:00		46.0559	45.5	47.0003	44.2705
15:30		46.0019	45.5	46.8485	44.3147
16:00		45.8815	45.3804	46.6353	44.2239

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 26 september 2021 kolektor panas honeycomb berdiameter 30 mm dengan kemiringan sudut 45°, Didapatkan data berupa temperatur panas air yang dihasilkan mencapai suhu tertinggi sebesar 47°C . pada sensor 1, 5°C pada sensor 2, 45°C, pada sensor 3, 46°C dan pada sensor 4, 44°C. Temperatur tertinggi didapatkan pada waktu pengujian pukul 12:00 wib

Tabel 4.3 merupakan honeycomb berdiameter 30 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang ingin di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur yang dihasilkan mencapai 47°C



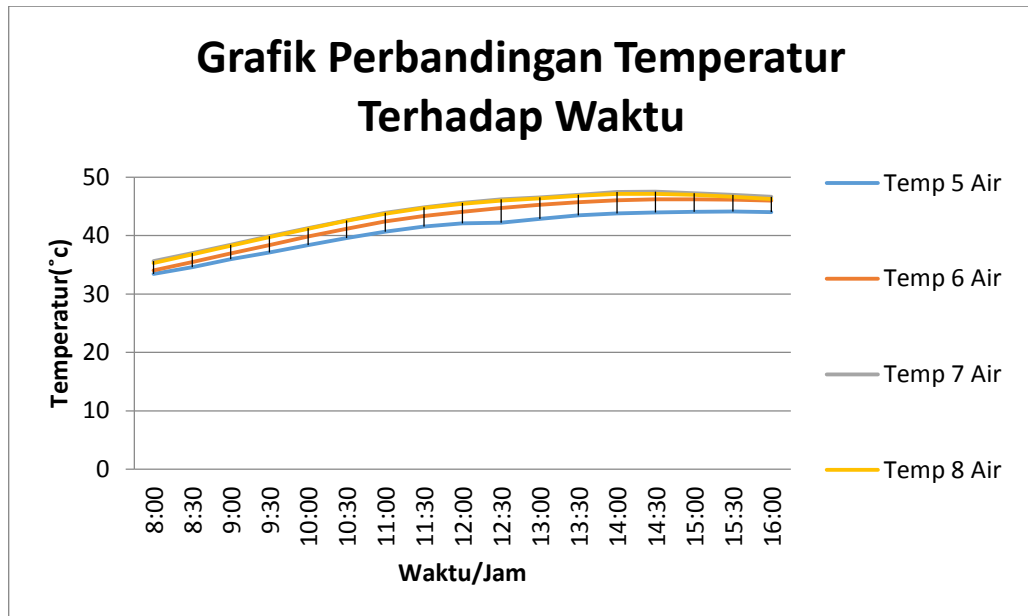
Gambar 4.3 Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu

Tabel 4.4 Tabel data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm menggunakan kemiringan sudut 45°

Jam (wib)	Kemiringan Sudut	Temp 5 Air	Temp 6 Air	Temp 7 Air	Temp 8 Air
8:00		33.4439	34.0567	35.6416	35.3197
8:30		34.5837	35.4785	37.0239	36.7579
9:00		35.937	36.9296	38.4214	38.2552
9:30		37.1141	38.3903	39.8996	39.7601
10:00		38.3685	39.8239	41.2935	41.1769
10:30		39.5818	41.1467	42.6	42.5261
11:00		40.655	42.4069	43.893	43.7585
11:30		41.5415	43.3704	44.8231	44.7301
12:00	45°	42.1023	44.0963	45.6048	45.4225
12:30		42.222	44.7226	46.1974	45.9915
13:00		42.8747	45.274	46.5087	46.3854
13:30		43.4617	45.7139	46.9935	46.7948
14:00		43.818	46.0428	47.4454	47.1365
14:30		43.9399	46.1916	47.4978	47.1457
15:00		44.0519	46.2203	47.2533	46.9743
15:30		44.1103	46.1564	47	46.6717
16:00		44.0318	45.9997	46.6543	46.2788

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 26 september 2021 kolektor panas honeycomb berdiameter 30 mm dengan kemiringan sudut 45°, Didapatkan data berupa temperatur panas air yang dihasilkan mencapai suhu tertinggi sebesar 47°C . pada sensor 5, 44°C pada sensor 6, 45°C, pada sensor 7, 46°C dan pada sensor 8, 46°C. Temperatur tertinggi didapatkan pada waktu pengujian pukul 15:00 wib

Tabel 4.4 merupakan honeycomb berdiameter 30 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang ingin di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur yang dihasilkan mencapai 47°C



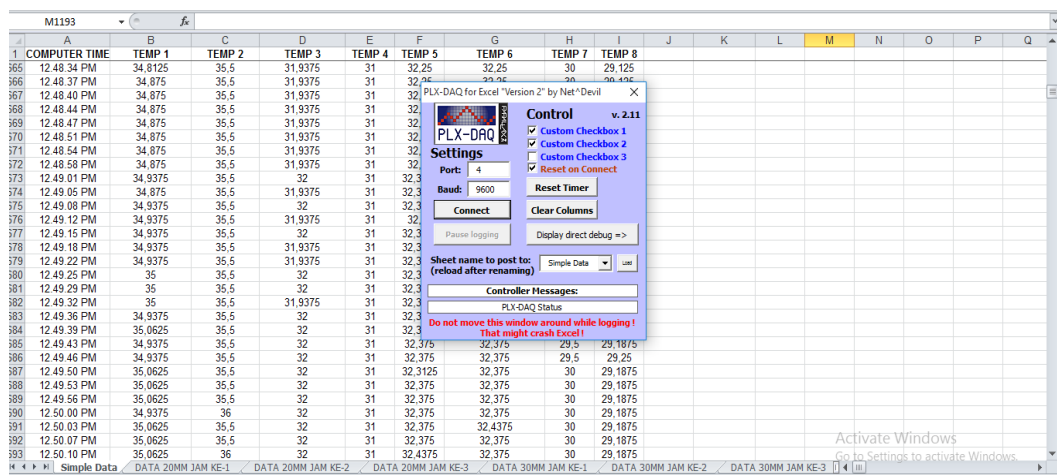
Gambar 4.4 Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu

4.3 Hasil pengambilan data

Hasil pengujian yang dilakukan pada kolektor honeycomb berdiameter 27 mm dengan kapasitas air di dalam kolektor 63 liter.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa panas yang di hasilkan dengan sudut kemiringan 60° , temperatur yang di hasilkan $^\circ\text{C}$. Penelitian yang dilakukan pada kolektor honeycomb berdiameter 30 mm dilakukan selama 8 jam berdasarkan terbitnya matahari hingga terbenamnya matahari untuk mendapatkan hasil penyerapan panas yang maksimal seperti yang terlihat pada gambar 4.5.

4.3.1 Hasil Pengujian Kemiringan sudut 60°



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	COMPUTER TIME	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8								
865	12.48.34 PM	34.8125	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
866	12.48.37 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
867	12.48.40 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
868	12.48.44 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
869	12.48.47 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
870	12.48.51 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
871	12.48.54 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
872	12.48.58 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.25	32.25	30	29.125								
873	12.49.01 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
874	12.49.05 PM	34.875	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
875	12.49.08 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
876	12.49.12 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
877	12.49.15 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
878	12.49.18 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
879	12.49.22 PM	34.9375	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
880	12.49.25 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
881	12.49.29 PM	35	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
882	12.49.32 PM	35	35.5	31.9375	31	32.3	32.3	30	29.1875								
883	12.49.36 PM	34.9375	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
884	12.49.39 PM	35.0625	35.5	32	31	32.3	32.3	30	29.1875								
885	12.49.43 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.1875								
886	12.49.46 PM	34.9375	35.5	32	31	32.375	32.375	29.5	29.25								
887	12.49.50 PM	35.0625	35.5	32	31	32.3125	32.375	30	29.1875								
888	12.49.53 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
889	12.49.56 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
890	12.50.00 PM	34.9375	36	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
891	12.50.03 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.4375	30	29.1875								
892	12.50.07 PM	35.0625	35.5	32	31	32.375	32.375	30	29.1875								
893	12.50.10 PM	35.0625	36	32	31	32.4375	32.375	30	29.1875								

Gambar 4.5 Data hasil pengujian honeycomb kemiringan sudut 60°

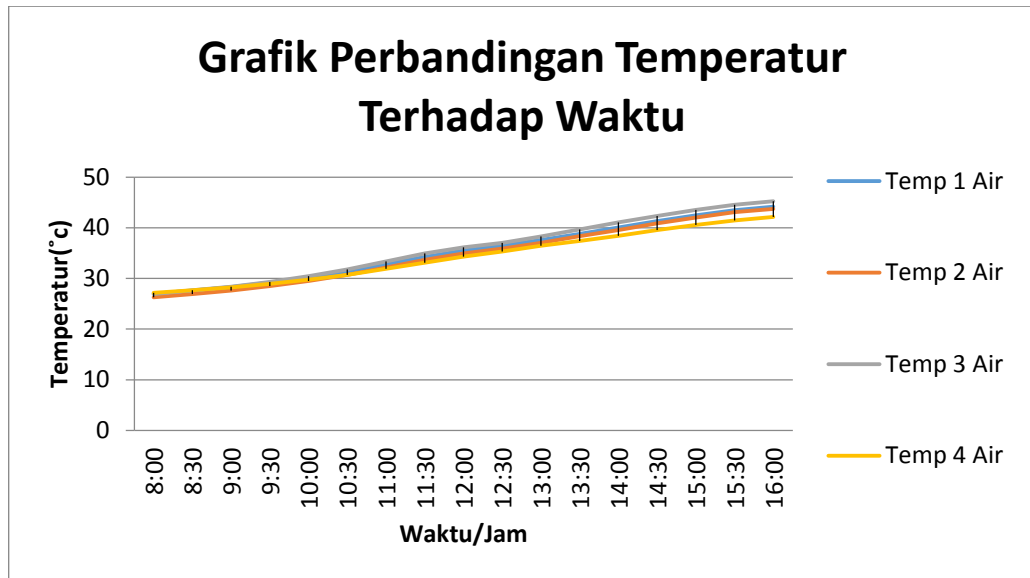
Data yang didapatkan melalui pengujian yang dilakukan pada tanggal 27 september 2021. Hasil pengujian dilakukan 8 jam dalam sehari dituangkan dalam bentuk tabel yang menunjukkan data rata-rata selama 30 menit, data ini ditampilkan pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Tabel data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm menggunakan kemiringan sudut 60°

Jam (wib)	kemiringan sudut	Temp 1 Air	Temp 2 Air	Temp 3 Air	Temp 4 Air
8:00		26.9657	26.266	26.9173	27.1516
8:30		27.5973	26.9043	27.6457	27.6639
9:00		28.2918	27.6266	28.3753	28.2385
9:30		29.1859	28.4891	29.3382	28.9577
10:00		30.1831	29.5087	30.4604	29.7495
10:30		31.3807	30.7358	31.765	30.7336
11:00		32.7724	32.1441	33.3504	31.9228
11:30		34.2329	33.65	34.9277	33.1158
12:00	60°	35.483	34.9394	36.1604	34.3093
12:30		36.4485	35.8987	37.0352	35.3431
13:00		37.5852	37.0325	38.3014	36.4426
13:30		38.8272	38.3493	39.7009	37.4334
14:00		40.0592	39.5524	41.0521	38.4258
14:30		41.3243	40.8662	42.3424	39.5557
15:00		42.483	42.0066	43.5477	40.5737
15:30		43.4759	43.0708	44.5765	41.4584
16:00		44.1672	43.7127	45.2464	42.1179

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 27 september 2021 kolektor panas honeycomb berdiameter 30 mm dengan Kemiringan sudut 60°, Didapatkan data berupa temperatur panas air yang dihasilkan mencapai suhu tertinggi sebesar 44°C . pada sensor 1, 44°C pada sensor 2, 43°C, pada sensor 3, 45°C dan pada sensor 4, 42°C. Temperatur tertinggi didapatkan pada waktu pengujian pukul 12:00 wib

Tabel 4.5 merupakan honeycomb berdiameter 30 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang ingin di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur yang dihasilkan mencapai 44°C



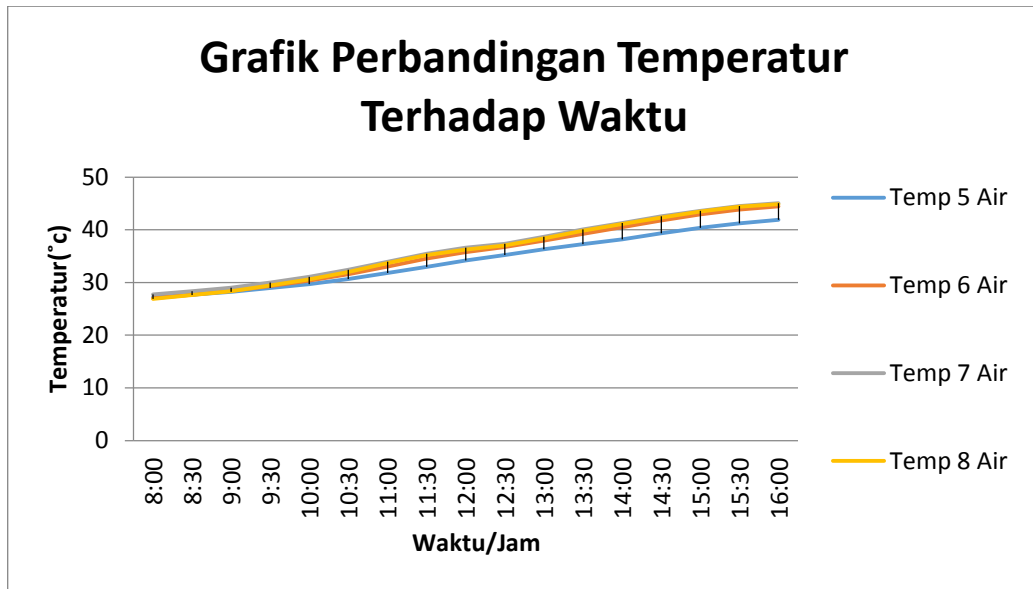
Gambar 4.5 Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu

Tabel 4.6 Tabel data hasil pengujian honeycomb berdiameter 30 mm menggunakan kemiringan sudut 60°

Jam (Wib)	kemiringan sudut	Temp 5 Air	Temp 6 Air	Temp 7 Air	Temp 8 Air
8:00		27.1747	27.0178	27.7234	26.8907
8:30		27.684	27.7065	28.3587	27.6155
9:00		28.2314	28.4271	29.0262	28.3543
9:30		28.943	29.3338	29.9978	29.4277
10:00		29.7003	30.3685	31.0611	30.6105
10:30		30.649	31.595	32.4083	31.9934
11:00		31.8027	33.0568	33.9563	33.6872
11:30		32.9916	34.5397	35.4587	35.2155
12:00	60°	34.1675	35.7876	36.6061	36.2652
12:30		35.2057	36.7236	37.3524	37.0187
13:00		36.2973	37.9299	38.6667	38.4021
13:30		37.2727	39.2189	40.0568	39.8523
14:00		38.2271	40.4935	41.3122	41.1354
14:30		39.381	41.7569	42.5482	42.355
15:00		40.369	42.9098	43.614	43.4723
15:30		41.2339	43.8305	44.5429	44.3825
16:00		41.8843	44.4655	45.0504	44.8668

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 27 september 2021 kolektor panas honeycomb berdiameter 30 mm dengan kemiringan sudut 60°, Didapatkan data berupa temperatur panas air yang dihasilkan mencapai suhu tertinggi sebesar 44°C . pada sensor 5, 41°C pada sensor 6, 44°C, pada sensor 7, 45°C dan pada sensor 8, 44°C. Temperatur tertinggi didapatkan pada waktu pengujian pukul 15:00 wib

Tabel 4.6 merupakan honeycomb berdiameter 30 mm. Grafik perubahan suhu/temperatur terhadap pengaruh waktu. Pada grafik tersebut menunjukkan adanya pengaruh waktu yang menghasilkan suhu/temperatur yang ingin di capai. Jam kedua menunjukkan adanya perubahan suhu yang cukup signifikan dengan nilai perubahan suhu dari temperatur yang dihasilkan mencapai 45°C



Gambar 4.6 Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu

4.4 Data perhitungan pada kolektor

Kemiringan Sudut	\dot{m}	Cp	T_{in}	T_{out}	IT
	(kg/s)	(J/kg.K)	(°C)	(°C)	
	Laju	Panas	Temperatur	Temperatur	Intensitas
	Kecepatan	jenis	Air	Air	Matahari
	Fluida/udara	fluida	Masuk	Keluar	
30°	0,0627	4.1793	27,909	43,655	242,82
45°	0,0626	4.1793	33,828	46,278	295,97
60°	0,1257	4.1793	26,965	44,866	301,18

4.4.1 Data Perhitungan Kolektor 1

1. Kemiringan Sudut 30°

a. perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned}
 Q_{ua} &= \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \\
 &= 0,0627 \times 4,1793 \times 15,746 \\
 &= 4,126 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap dengan kemiringan sudut 30° sebesar 4,126 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100\% \\
 &= \frac{4,126}{0,8 \times 242,82} \times 100\% \\
 &= \frac{4,126}{194,256} \times 100\% \\
 &= 0,021\%
 \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor dengan kemiringan 30° adalah sebesar 0,021%

2. Kemiringan Sudut 45°

a. perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned} Q_{ua} &= m \cdot Cp \cdot \Delta T \\ &= 0,0626 \times 4,1793 \times 12,45 \\ &= 3,257 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap kolektor dengan kemiringan 45° sebesar 3,257 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100 \% \\ &= \frac{3,257}{0,8 \times 295,97} \times 100 \% \\ &= \frac{3,257}{236,77} \times 100 \% \\ &= 0,013 \% \end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor dengan kemiringan 45° sebesar 0,013%

3. Sudut Kemiringan 60°

a. perhitungan energi yang diserap

$$\begin{aligned} Q_{ua} &= m \cdot Cp \cdot \Delta T \\ &= 0,1257 \times 4,1793 \times 17,901 \\ &= 9,404 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Maka hasil dari energi yang diserap kolektor dengan kemiringan 60° sebesar 9,404 Watt.

b. Efisiensi kolektor

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{Q_{ua}}{\Delta_c \times IT} \times 100\% \\ &= \frac{9,404}{0,8 \times 301,18} \times 100\% \\ &= \frac{9,404}{240,944} \times 100\% \\ &= 0,03\%\end{aligned}$$

Maka efisiensi kolektor I dihari pertama sebesar 0,03%

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan diatas adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan solar water heater dengan kemiringan sudut 30° memiliki efesiensi kinerja yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan variasi kemiringan sudut lainnya.
2. Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil penelitian sudut 30° merupakan kemiringan sudut yang paling efektif

5.2 Saran

Alat rancang solar water heater double slope ini masih memiliki bebarapa kekurangan, untuk itu penulis ingin memberikan saran sebagai berikut:

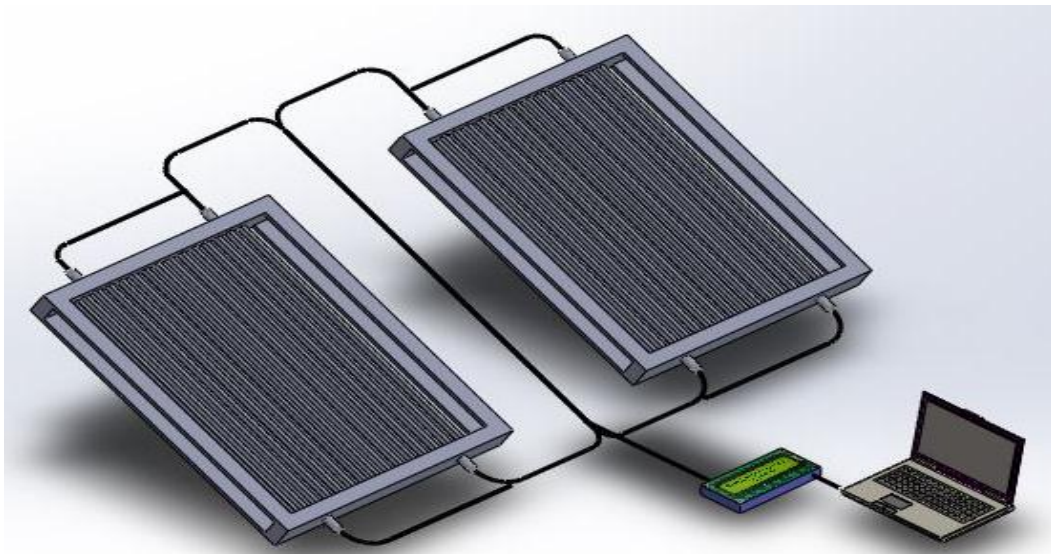
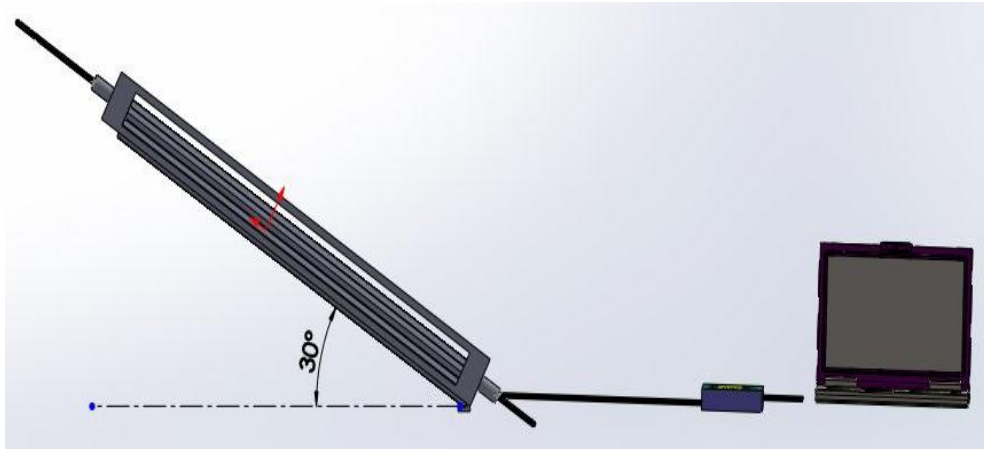
1. Pada penelitian selanjutnya, penulis berharap alat solar water heater ini dapat dibandingkan dengan alat yang telash ada dipasaran sebagai bahan acuan kedepannya

DAFTAR PUSTAKA

- Dahlan, B. Bin. (2017). SISTEM KONTROL PENERANGAN MENGGUNAKAN ARDUINO UNO PADA UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 9(3), 282–289. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v9i3.158.282-289>
- KA.Ridwan, Syarif, A., Buhori, A., & Apriansyah. (2019). *KAJIAN RANCANG BANGUN SOLAR WATER HEATER (SWH) ANALISIS TERHADAP KOEFISIEN LAJU KONVEKSI DAN EFISIENSI PEMANASAN AIR*. 10(03), 9–13.
- Raufun, L., & Ardiansyah, S. (2018). Prototype Pengontrol Pengisian Tandon Air Secara Paralel Menggunakan Solenoid Valve Berbasis Atmega 2560. *Informatika*, 7(2), 30–35.
- Rozaq, I. A., & DS, N. Y. (2017). *UJI KARAKTERISASI SENSOR SUHU DS18B20 WATERPROOF BERBASIS ARDUINO UNO SEBAGAI SALAH SATU PARAMETER KUALITAS AIR*. 303–309. sensor, suhu, DB18B20, Arduino uno
- Sansy Bhawana Mulia, Spd., M. ., & Mindit Eriyadi, S.pd., M. . (2018). PERFORMA SOLENOID PADA VALVE ALAT PENGISIAN AIR MINUM OTOMATIS. *Elektra*, 3(2), 53–60. <https://pei.e-journal.id/jea/article/view/55>
- Siregar, C. A., & Siregar, A. M. (2019). Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahar. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* <Http://Jurnal.Umsu.Ac.Id/Index.Php/RMME>, 2(2), 165–170.
- Siregar, C. A., Siregar, M. A., & Lubis, S. (2018). Pengaruh Jarak Kaca Terhadap Efisiensi Alat Destilasi Air Laut yang Memanfaatkan Energi Matahari di Kota Medan. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy*, 2(2), 51–55. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2115>
- Suharjono, A., Rahayu, L. N., & Afwah, R. (2015). Aplikasi Sensor Flow Water Untuk Mengukur Penggunaan Air Pelanggan Secara Digital Serta Pengiriman Data Secara Otomatis Pada PDAM Kota Semarang Amin. *Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang, Vol.13*(1), 7–12. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiH7I3Om7DwAhUObn0KHZGYC0sQFjABegQIAhAD&url=https%3A%2F%2Fjurnal.polines.ac.id%2Findex.php%2Ftele%2Farticle%2Fview%2F151%2F143&usq=AOvVaw1cjVXdVb7BTpCqce_sf4P
- Sulistyo, A., Safitra, A. G., & Nurisma, R. A. (2016). *OPTIMALISASI PENYERAPAN RADIASI MATAHARI PADA SOLAR WATER HEATER MENGGUNAKAN VARIASI SUDUT KEMIRINGAN*. 40–45.

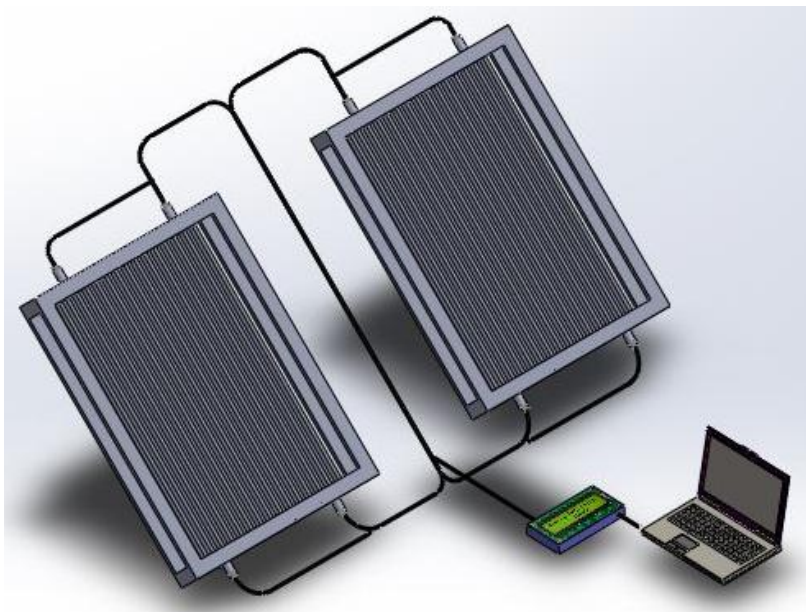
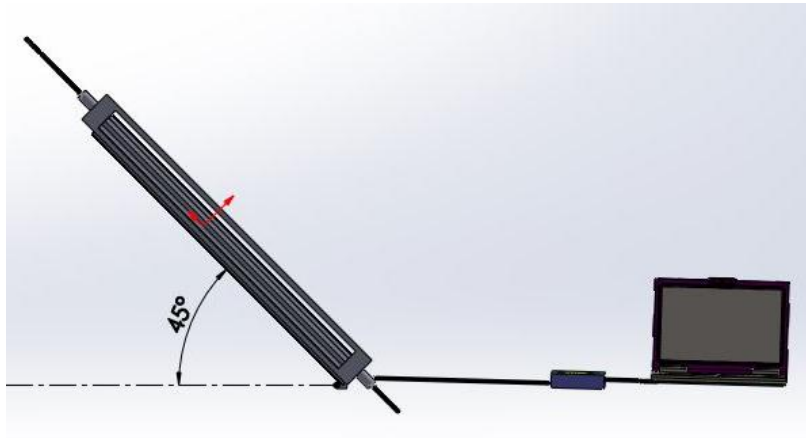
1. Kemiringan sudut 30°

Alat kolektor/Solar Water Heater menggunakan kemiringan sudut 30°



2. Kemiringan Sudut 45°

Alat kolektor/Solar Water Heater menggunakan kemiringan sudut 45°



3. kemiringan sudut

Alat kolektor/Solar Water Heater menggunakan kemiringan sudut 60°

