

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA ENERGI YANG DI SERAP AIR PADA EVAPORATOR ALAT DESALINASI MATAHARI SYSTEM PASSIVE SINGLE SLOPE**

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

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD NASIR HARAHAHAP**  
**1507230283**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Nasir Harahap  
NPM : 1507230283  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisa Energi Yang Di Serap Air Pada Evaporator Alat  
Desalinasi Matahari System Passive Single Slope  
Bidang ilmu : Konversi Energi

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

Medan, 28 Februari 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

H. Muhanif M, S.T., M.Sc

Dosen Penguji II

Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III

Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV

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

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua

Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Nasir Harahap  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan/12 Oktober 1995  
NPM : 1507230283  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

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

**“Analisa Energi Yang Di Serap Air Pada Evaporator Alat Desalinasi Matahari System Passive Single 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 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, 28 Februari 2020

Saya yang menyatakan,



Muhammad Nasir Harahap

## ABSTRAK

Teknologi desalinasi matahari adalah teknologi yang memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber daya energi utama yang menghasilkan air bersih melalui proses pemanasan air laut yang berada didalam evaporator hingga menguap dan terjadinya pengembunan yang menghasilkan air tawar yang dapat memisahkan kadar garam dari air laut. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode passive single slope yang tidak menggunakan pompa untuk mensirkulasikan dan juga menginjeksikan karena metode passive single slope tidak membutuhkan banyak bahan tambahan seperti pompa yang digunakan pada sistem active single slope. Model direncanakan system passive single slope dengan luas permukaan kaca 1 m<sup>2</sup> dengan tebal 3 mm dan sudut kemiringan 30°. Tinggi permukaan air dari dasar 20 mm dan diuji selama 7 hari mulai pukul 08.00 wib – 17.00 wib. Energi yang diserap tertinggi mencapai 0.604 kWh dan energi yang terendah 0.197 kWh, Air hasil pengujian tertinggi mencapai 2.3143 Liter dan air hasil pengujian terendah 0.7287 Liter, Efisiensi energi tertinggi mencapai 73.5739 % dan efisiensi energi yang terendah 40.3054 %. Jumlah air bersih tertinggi yang dihasilkan saat pengujian mencapai 2.3143 Liter dan jumlah air terendah mencapai 0.7287 Liter sedangkan jumlah air bersih tertinggi hasil pembahasan mencapai 2.5554 Liter dan jumlah air terendah mencapai 0.8288 Liter. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semangkin tinggi energi matahari yang diserap maka semakin banyak pula air yang dapat dihasilkan dari proses desalinasi.

Kata kunci : Desalinasi matahari, Energi matahari, Sistem passive single slope.

## **ABSTRACT**

*Solar desalination technology is technology that utilizes sunlight as the main energy source that produces clean water through the process of heating sea water that is in the evaporator until it evaporates and condensation that produces fresh water that can separate the levels of salt from sea water. In this study, the author uses a single slope passive method that does not use a pump to circulate and also injects because the passive single slope method does not require a lot of additional materials such as pumps used in active single slope systems. The model is planned for a single slope passive system with a glass surface area of 1 m<sup>2</sup> with a thickness of 3 mm and a tilt angle of 30<sup>o</sup>. High water level from the base of 20 mm and tested for 7 days starting at 8:00 a.m. - 5:00 p.m. The highest absorbed energy reaches 0.604 kWh and the lowest energy is 0.197 kWh, the highest test water reaches 2.3143 Liter and the lowest test water results 0.7287 Liter, the highest energy efficiency reaches 73.5739 % and the lowest energy efficiency 40.3054 %. The highest amount of clean water produced during testing reached 2.3143 Liter and the lowest amount of water reached 0.7287 Liter while the highest amount of clean water produced by the discussion reached 2.5554 Liter and the lowest amount of water reached 0.8288 Liter. So it can be concluded that the higher the sun's energy absorbed, the more water can be produced from the desalination process.*

*Keywords: solar desalination, solar energy, passive single slope system.*

## 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 “Analisa Energi Yang Di Serap Air Pada Evaporator Alat Desalinasi Matahari System Passive Single 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 terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji serta Dekan Fakultas Teknik UMSU, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A. Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. 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.
4. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Affandi S.T, M.T selaku sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.

7. Ayahanda tersayang Akhmad Soleh Harahap dan ibundaku tercinta Lisma Qomaria Siregar, yang telah bersusah payah membesarkan dan membimbing penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Wawan Septiawan Damanik S.T., MT, Yasir Abdullah Sinaga S.T, Wira Syahputra Sinaga S.Kom, Riska Putri, Aditya Dwi Pradana, C3 Malam dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 Teknik Mesin.

Medan, 28 Februari 2020



Muhammad Nasir Harahap

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</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>	
2.1. Energi matahari	4
2.2. Desalinasi	5
2.2.1. Still solar aktif	7
2.2.2. Still solar pasif	7
2.3. Single slope	8
2.4. Air laut	9
2.5. Temperatur dan koefisien internal dari evaporator	10
2.5.1. Perpindahan panas konveksi dari evaporator	10
2.5.2. Perpindahan panas radiasi dari evaporator	11
2.5.3. Perpindahan panas evaporasi pada evaporator	11
2.6. Temperatur dan koefisien eksternal dari evaporator	12
2.6.1. Transfer panas atas kerugian	12
2.6.2. Transfer panas kerugian bagian bawah dan samping	14
2.7. Efisiensi, energi dari evaporator	15
2.8. Persamaan keseimbangan energi dari evaporator	15
2.8.1. Kaca penutup permukaan bagian luar	15
2.8.2. Kaca penutup permukaan bagian dalam	16
2.9. Basin	16
2.10. Massa air	16
2.11. Evaluasi hasil dari desalinasi	16
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>17</b>
3.1. Tempat dan Waktu	17
3.1.1. Tempat	17
3.2.1. Waktu	17
3.2. Bahan dan Alat	18

3.2.1	Bahan	18
3.2.2	Alat	19
3.3	Bagan Alir Penelitian	21
3.4	Rancangan alat penelitian	22
3.5	Prosedur Penelitian	23
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>24</b>
4.1	Data hasil pengujian	24
4.1.1.	Data temperatur kaca, air dan lingkungan saat pengujian	27
4.1.2.	Data intensitas matahari	34
4.1.3.	Data kecepatan angin	35
4.1.4.	Data air bersih hasil pengujian	36
4.2	Pembahasan data hasil pengujian	37
4.2.1.	Temperatur kaca, air dan evaporator hasil pembahasan	38
4.2.2.	Hasil energi yang diterima evaporator	44
4.2.3.	Jumlah air hasil pembahasan	46
4.2.4.	Pembahasan efisiensi energi	49
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>51</b>
5.1.	Kesimpulan	51
5.2.	Saran	52
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>53</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	
	<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
	<b>SURAT KETENTUAN PEMBIMBING</b>	
	<b>BERITA ACARA</b>	
	<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan jenis ion dalam air laut	9
Tabel 3.1	Jadwal kegiatan penelitian	17
Tabel 4.1	Data hasil pengujian hari pertama	27
Tabel 4.2	Data hasil pengujian hari kedua	28
Tabel 4.3	Data hasil pengujian hari ketiga	29
Tabel 4.4	Data hasil pengujian hari keempat	30
Tabel 4.5	Data hasil pengujian hari kelima	31
Tabel 4.6	Data hasil pengujian hari keenam	32
Tabel 4.7	Data hasil pengujian hari ketujuh	33
Tabel 4.8	Data intensitas matahari setiap hari	34
Tabel 4.9	Data kecepatan angin setiap hari	35
Tabel 4.10	Data jumlah air hasil pengujian	36
Tabel 4.11	Data temperatur kaca, air dan evaporator hari pertama	38
Tabel 4.12	Data temperatur kaca, air dan evaporator hari kedua	39
Tabel 4.13	Data temperatur kaca, air dan evaporator hari ketiga	40
Tabel 4.14	Data temperatur kaca, air dan evaporator hari keempat	40
Tabel 4.15	Data temperatur kaca, air dan evaporator hari kelima	41
Tabel 4.16	Data temperatur kaca, air dan evaporator hari keenam	42
Tabel 4.17	Data temperatur kaca, air dan evaporator hari ketujuh	43
Tabel 4.18	Hasil energi yang diterima evaporator	45
Tabel 4.19	Jumlah air hasil pembahasan	46
Tabel 4.20	Perbandingan jumlah air pengujian dengan pembahasan	48
Tabel 4.21	Efisiensi energi	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spektrum matahari pada AM 0 dan AM 1.5	4
Gambar 2.2	Distilasi surya tipe tunggal permukaan kaca miring	5
Gambar 2.3	Klasifikasi proses desalinasi air laut	6
Gambar 2.4	Active type solar still	7
Gambar 2.5	Passive type solar still	8
Gambar 2.6	Single slope solar still	9
Gambar 3.1	Kaca bening	18
Gambar 3.2	Susunan komposisi aluminium komposit panel	18
Gambar 3.3	Sensor suhu DS18B20	19
Gambar 3.4	Thermo anemometer	19
Gambar 3.5	Alat ukur intensitas matahari	20
Gambar 3.6	Alat timbangan digital	20
Gambar 3.7	Bagan alir penelitian	21
Gambar 3.8	Rancangan alat penelitian	22
Gambar 4.1	Data hasil pada saat pengujian	24
Gambar 4.2	Data hasil nilai koefisien di dalam evaporator (Internal)	25
Gambar 4.3	Data hasil nilai koefisien di luar evaporator (Eksternal)	25
Gambar 4.4	Data hasil mencari jumlah air, jumlah besar energi perjam dan Efisiensi energi	26
Gambar 4.5	Grafik waktu terhadap temperatur hari pertama pengujian	27
Gambar 4.6	Grafik waktu terhadap temperatur hari kedua pengujian	28
Gambar 4.7	Grafik waktu terhadap temperatur hari ketiga pengujian	29
Gambar 4.8	Grafik waktu terhadap temperatur hari keempat pengujian	30
Gambar 4.9	Grafik waktu terhadap temperatur hari kelima pengujian	31

Gambar 4.10	Grafik waktu terhadap temperatur hari keenam pengujian	32
Gambar 4.11	Grafik waktu terhadap temperatur hari ketujuh pengujian	33
Gambar 4.12	Grafik waktu terhadap intensitas matahari setiap harinya	35
Gambar 4.13	Grafik waktu terhadap kecepatan angin setiap harinya	36
Gambar 4.14	Grafik jumlah air bersih yang dihasilkan tiap harinya	37
Gambar 4.15	Grafik waktu terhadap temperatur kaca, air dan evaporator Hari pertama	38
Gambar 4.16	Grafik waktu terhadap temperatur kaca, air dan evaporator Hari kedua	39
Gambar 4.17	Grafik waktu terhadap temperatur kaca, air dan evaporator Hari ketiga	40
Gambar 4.18	Grafik waktu terhadap temperatur kaca, air dan evaporator Hari keempat	41
Gambar 4.19	Grafik waktu terhadap temperatur kaca, air dan evaporator Hari kelima	42
Gambar 4.20	Grafik waktu terhadap temperatur kaca, air dan evaporator Hari keenam	43
Gambar 4.21	Grafik waktu terhadap temperatur kaca, air dan evaporator Hari ketujuh	44
Gambar 4.22	Grafik waktu terhadap energi yang diterima evaporator	45
Gambar 4.23	Grafik waktu terhadap jumlah air yang dihasilkan	47
Gambar 4.24	Perbandingan jumlah air hasil pengujian dengan hasil Pembahasan	48
Gambar 4.25	Grafik waktu terhadap efisiensi setiap jam	50

## DAFTAR NOTASI

$A$	= Luas bak penguapan matahari	$m^2$
$C_p$	= Kapasitas panas spesifik dari udara lembab	$J/kg\ K$
$h$	= Koefisien perpindahan panas	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_b$	= Koefisien perpindahan panas antara bak dan ambient	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{fg}$	= Panas laten penguapan	$J/kg$
$h_{C,go-a}$	= Koefisien perpindahan panas konvektif dari kaca penutup luar permukaan ke ambient	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{C,w-g}$	= Koefisien perpindahan panas konvektif dari air ke kaca	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{C,w-gi}$	= Koefisien perpindahan panas konvektif dari air ke kaca bagian dalam permukaan	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{E,w-co}$	= Koefisien perpindahan panas evaporatif dari air ke kondensasi	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{E,w-g}$	= Koefisien perpindahan panas evaporatif dari air ke permukaan kaca	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{E,w-gi}$	= Koefisien perpindahan panas evaporatif antara massa air dan permukaan bagian dalam penutup kaca	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{R,b-a}$	= Koefisien perpindahan panas radiasi dari bak ke ambient	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{R,w-gi}$	= Koefisien perpindahan panas radiasi dari penutup air ke permukaan dalam kaca	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{T,b-a}$	= Koefisien perpindahan panas total antara liner dan lingkungan	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{T,go-a}$	= Total koefisien kehilangan panas atas antara penutup kaca bagian luar permukaan dan lingkungan	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{T,w-g}$	= Koefisien perpindahan panas total kaca penutup	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_{T,w-gi}$	= Koefisien perpindahan panas total dari penutup air ke permukaan dalam kaca	$W/m^2\ ^\circ C$
$h_w$	= Koefisien perpindahan panas konvektif antara liner dan massa air	$W/m^2\ ^\circ C$
$I(t)$	= Intensitas radiasi matahari	$W/m^2$
$K$	= Konduktivitas termal	$W/m\ ^\circ C$
$L$	= Panas laten penguapan	$J/kg$
$M_{ew}$	= Produktivitas setiap jam dari SS	$kg/m^2$

$P$	= Tekanan parsial jenuh	$\text{N/m}^2$
$P_{gi}$	= Tekanan uap sebagian pada suhu permukaan bagian dalam kaca	$\text{N/m}^2$
$Q_{C,b-w}$	= Kecepatan perpindahan panas konvektif dengan SS dari bak Ke air	$\text{W/m}^2$
$Q_{C,w-g}$	= Kecepatan transfer panas konvektif dari air ke kaca penutup	$\text{W/m}^2$
$Q_{E,w-g}$	= Laju perpindahan panas evaporatif dari air ke kaca penutup	$\text{W/m}^2$
$Q_{R,w-g}$	= Laju perpindahan panas radiasi dari air ke kaca	$\text{W/m}^2$
$Q_{T,w-g}$	= Total laju perpindahan panas dari air ke kaca	$\text{W/m}^2$
$T$	= Suhu	$^{\circ}\text{C}$
$T_{go}$	= Suhu penutup kaca	$^{\circ}\text{C}$
$T_{sky}$	= Suhu udara	$^{\circ}\text{C}$
$T_w$	= Suhu air	$^{\circ}\text{C}$

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang penting bagi kehidupan di bumi. Sumber air tersebut ada yang diperoleh dari tanah, mata air, sungai, danau dan air laut. Air yang berada di darat maupun di laut mengalami proses penguapan yang disebabkan oleh panas matahari. Penguapan tersebut berkumpul menjadi awan, setelah itu awan mengalami kondensasi dan pendinginan yang akan membentuk titik-titik air, titik-titik air tersebutlah yang akan menjadi hujan. Air hujan yang jatuh ke bumi akan meresap ke dalam tanah menjadi mata air, sebagian mengalir melalui saluran yang disebut air sungai, sebagian terkumpul di dalam danau dan sebagian lagi kembali ke laut. Selama ini masyarakat hanya mengetahui air laut hanya sekedar ombak besar dan indah dipandang mata dan tidak mengetahui bahwa air laut dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Tingginya kadar garam yang berada di air laut, membuat para peneliti menggunakan teknologi yang berasal dari panas matahari.

Panas matahari merupakan energi terbarukan menurut situasi kondisi dalam perkembangan dunia industri. Salah satu bentuk pemanfaatan sumber energi matahari adalah upaya pemanfaatan radiasi matahari untuk diserap pada suatu sistem yang mampu memproduksi air laut sehingga mengalami proses penguapan yang menghasilkan embun air tawar yang bersih, dan juga dapat memisahkan kadar garam pada air laut, atau kotoran yang terdapat pada air dan menghasilkan air tawar yang dapat dikonsumsi dengan hasil produksi yang terbaik tetapi tetap menggunakan energi yang murah dan ramah lingkungan.

Untuk itu dibutuhkan teknologi yang tepat sebagai solusi ketersediaan air bersih dengan memanfaatkan air laut untuk diproses sebagai air bersih dan memanfaatkan sinar matahari sebagai sumber daya energi utama. Teknologi yang dimaksud adalah teknologi desalinasi matahari. Dimana desalinasi matahari adalah suatu proses pemanasan air laut yang berada di dalam evaporator hingga menguap dan terjadinya pengembunan yang menghasilkan air tawar yang dapat

memisahkan kadar garam dari air laut dengan daya energi matahari. Evaporator itu sendiri merupakan wadah terjadinya proses penguapan dari alat desalinasi matahari.

Energi yang diterima dari matahari tidak hanya diterima oleh kaca melainkan hampir semua permukaan yang bersentuhan dengan udara bebas mendapatkan rambatan panas dari sinar matahari baik secara konveksi, konduksi maupun radiasi. Dalam alat desalinasi, kaca berperan untuk menangkap energi matahari, yang energi itu sendiri tersimpan didalam kaca sehingga energi menimbulkan panas yang dapat membuat air laut mengalami proses penguapan. Dimana semakin banyak energi yang diserap semakin banyak pula air tawar yang dihasilkan.

Desalinasi matahari dapat diklarifikasikan dalam dua kategori yaitu *passive single slope* dan *active single slope*. Desalinasi matahari sistem *passive single slope* tanpa menggunakan pompa untuk mensirkulasikan air yang ada pada tabung evaporator, sedangkan desalinasi matahari sistem *active single slope* perencanaan alat dirancang menggunakan pompa untuk mensirkulasikan juga menginjeksikan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode sistem *passive single slope* yang tidak menggunakan pompa untuk mensirkulasikan dan juga menginjeksikan Karena metode sistem *passive single slope* tidak membutuhkan banyak bahan tambahan seperti pompa yang digunakan di sistem *active single slope*. Di India menurut malik meneliti pekerjaan desalinasi matahari passive dan kemudian menurut tiwari melakukan penelitian pada keduanya sistem penguapan matahari *passive single slope*, *passive double slope* dan *active single slope*, *active double slope*. Mereka menyimpulkan bahwa penguapan matahari *passive* bisa lebih ekonomis menyediakan air minum dibandingkan dengan penguapan matahari sistem *active*. Di Indonesia khusus kota medan mempunyai radiasi matahari berbeda dengan india dan memungkinkan di kota medan mempunyai lebih banyak intensitas matahari yang akan lebih banyak memproduksi air yang akan dikonsumsi oleh masyarakat. Sehingga muncul lah judul saya “ANALISA ENERGI YANG DISERAP AIR PADA EVAPORATOR ALAT DESALINASI MATAHARI SYSTEM PASSIVE SINGLE SLOPE”.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa besar total energi panas dari matahari yang diterima oleh evaporator.
2. Berapa jumlah air yang dihasilkan pada saat pengujian dan membandingkan dengan hasil perhitungan.
3. Berapa efisiensi energi tertinggi setiap harinya dari sistem desalinasi air laut.

## 1.3. Ruang Lingkup

1. Mengetahui besar perpindahan panas pada kaca evaporator.
2. Mengetahui jumlah air tawar yang dihasilkan pada alat desalinasi matahari *system passive single slope*.
3. Mengetahui efisiensi energi matahari dari sistem desalinasi air laut.

## 1.4. Tujuan

1. Menunjukkan besar total energi panas dari matahari yang diterima oleh evaporator.
2. Membandingkan jumlah air yang dihasilkan pada saat pengujian dengan hasil perhitungan.
3. Menganalisis efisiensi energi tertinggi setiap harinya dari sistem desalinasi air laut *system single slope*.

## 1.5. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

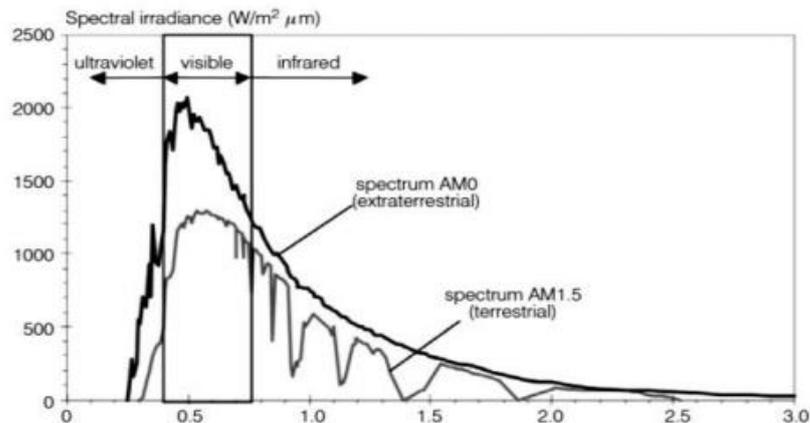
1. Mengatasi permasalahan sulitnya mendapatkan air bersih pada masyarakat yang tinggal di pesisir pantai.
2. Untuk mengurangi pemanasan global dengan menggunakan energi matahari, karena tidak menggunakan bahan bakar.
3. Dapat dijadikan peluang bisnis yang dapat digunakan dalam jangka panjang.
4. Dapat menambah pengetahuan khususnya dalam bidang konversi energi dari proses desalinasi air laut.
5. Dapat memanfaatkan energi matahari untuk memproduksi air tawar dengan memanfaatkan energi panas dari matahari untuk penguapan air laut.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Energi Matahari

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara ekstensif dan eksploratif bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Sehingga bisa dikatakan bahwa sumber segala energi adalah energi matahari (Manan, 2009).



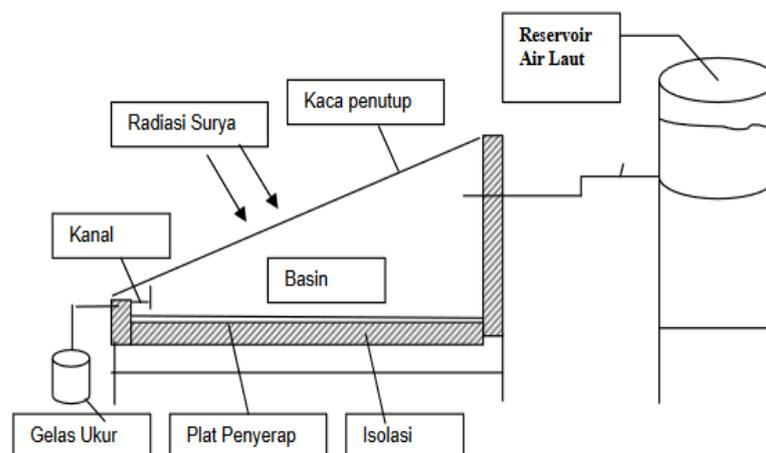
Gambar 2.1. Spektrum matahari pada AM 0 dan AM 1.5 (Hamdani, 2019).

Intensitas radiasi matahari yang sampai ke bumi dapat dimanfaatkan sebagai penyedia energi alternatif dan berkesinambungan. Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan cara konversi panas dan konversi pembangkit listrik tenaga surya (fotovoltaik) (Siregar, 2018). Fotovoltaik (PV) merupakan devais berbasis teknologi semikonduktor dengan kemampun mengubah cahaya matahari yang mengenai permukaan modul PV menjadi energi listrik secara langsung. Ketika

energi matahari dalam bentuk foton mengenai bahan semikonduktor, maka foton tersebut akan dipantulkan, diabsorpsi atau ditransmisikan, dimana untuk elektron valensi atom yang mengabsorpsi foton akan mengalami penambahan energi dan akan melompat ke pita konduksi sebagai elektron bebas. Efek fotovoltaik dihasilkan dari absorpsi foton cahaya matahari pada daerah hubungan p-n yang menghasilkan elektron-hole (lubang), akibat timbulnya medan listrik pada daerah hubungan p-n tersebut menyebabkan timbul beda potensial akibatnya akan terjadi pemisahan muatan listrik, di mana elektron akan bergerak ke daerah tipe-n dan hole akan bergerak ke daerah tipe-p. Jika keduanya disambungkan dan dihubungkan dengan beban, maka akan terjadi aliran arus listrik selama cahaya matahari mengenai permukaan hubungan p-n (Hamdani, 2019).

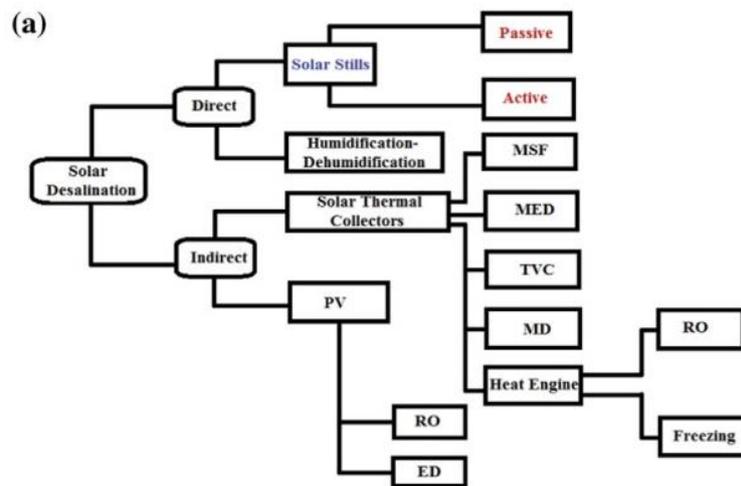
## 2.2. Desalinasi

Desalinasi adalah proses pemurnian atau pengurangan garam terlarut didalam air laut yang lebih besar dari 1000 ppm hingga 40.000 ppm menjadi air tawar dengan konsentrasi garam terlarut di bawah 1000 ppm. Prinsip kerja desalinasi secara umum sebenarnya sangat sederhana. Air laut dipanaskan hingga menguap, dan kemudian uap yang dihasilkan dikondensasikan kembali dan ditampung di sebuah wadah (Siregar, 2019). Air kondensat tersebut adalah air bersih. Sedangkan air laut yang tidak mendidih selama pemanasan adalah konsentrat garam. Berikut dapat dilihat proses desalinasi sederhana pada gambar 2.2 dengan memanfaatkan matahari sebagai sumber energi utama (Jamil, 2017).



Gambar 2.2. Desalinasi Surya Tipe Tunggal Permukaan Kaca Miring(Jamil, 2017)

Dengan menggunakan lereng tunggal maka proses desalinasi akan lebih efektif karena sinar matahari yang terpancar dapat di terima dengan baik. Proses desalinasi yang memanfaatkan panas matahari untuk menaikkan suhu temperatur laut sehingga dapat menguap (evaporasi). Air laut yang sudah terevapolasi akan menghasilkan uap bersih atau air tawar. sedangkan air laut yang tidak terevolasi akan membentuk Kristal-kristal garam pada ruang evaporator. Ada beberapa klasifikasi dari proses desalinasi yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi (Tiwari, 2017).

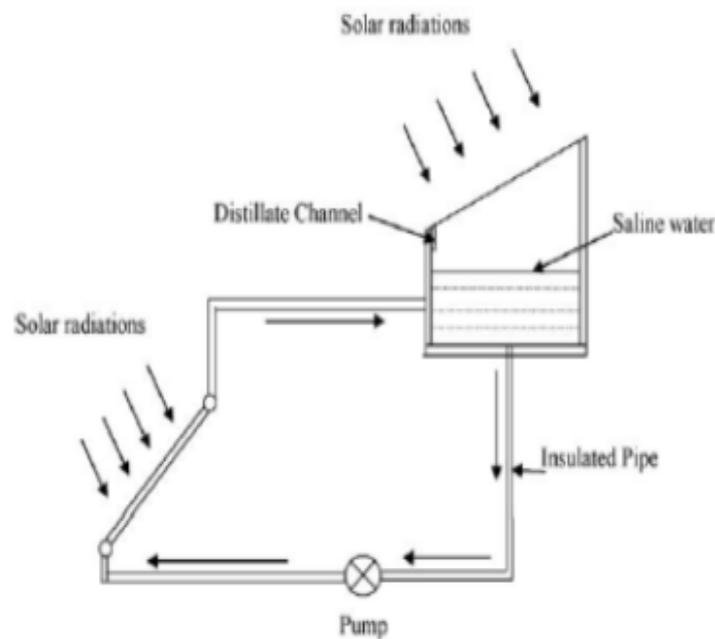


Gambar 2.3. Klasifikasi proses desalinasi air laut (Tiwari, 2017).

Dari gambar klasifikasi di atas kita dapat mengetahui berbagai cara proses desalinasi air laut. Dari salah satu klasifikasi di atas yang kami gunakan adalah *solar still single slope* dengan *passive system*, atau sering disebut desalinasi sederhana. Sistem desalinasi dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori: pasif dan aktif. Dari hasil penelitian menurut Tiwari et al merekomendasikan bahwa hanya still matahari pasif bisa ekonomis untuk menyediakan air yang dapat di minum dan sistem destilasi surya aktif dapat ekonomis dari sudut pandang komersial. *Passive system* perencanaan alat dibuat menggunakan *single slope* tanpa menggunakan pompa untuk mensirkulasikan air yang ada pada tabung evaporator, sedangkan pada *active system* perencanaan alat dirancang menggunakan pompa untuk mensirkulasikan juga menginjeksikan. Ada dua jenis stills matahari, still solar aktif dan still solar pasif (Tiwari, 2017).

### 2.2.1. Still Solar Aktif

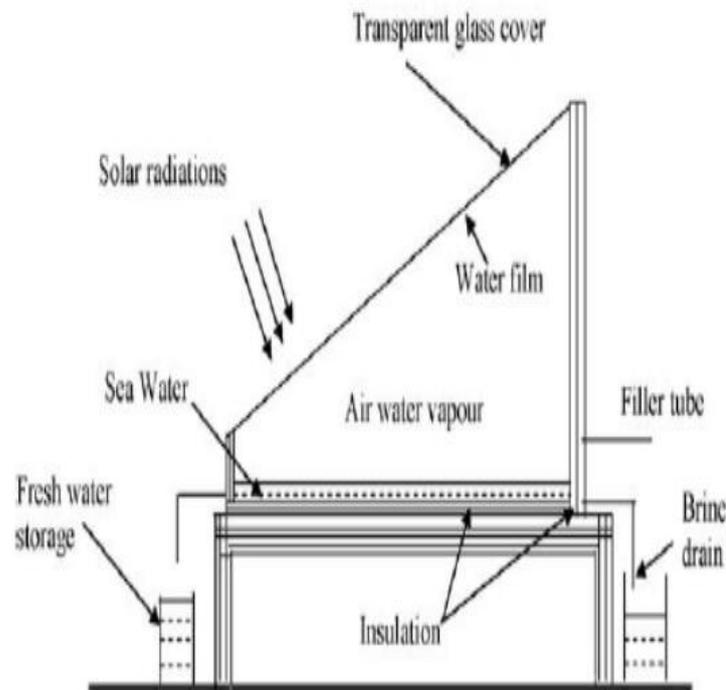
Tata surya aktif, ada kebutuhan pompa yang membutuhkan listrik untuk operasinya. Satu solar masih merupakan perangkat yang sangat sederhana yang digunakan untuk mengubah air payau atau garam yang tersedia atau air limbah menjadi air minum. Ini dibuat dengan mudah dengan bahan yang tersedia secara lokal seperti kayu, aluminium dll. Pemeliharaannya juga sangat murah dan tidak diperlukan tenaga kerja yang terampil (Kaviti, 2016).



Gambar 2.4. Active type solar still (Kaviti, 2016).

### 2.2.2. Still Solar Pasif

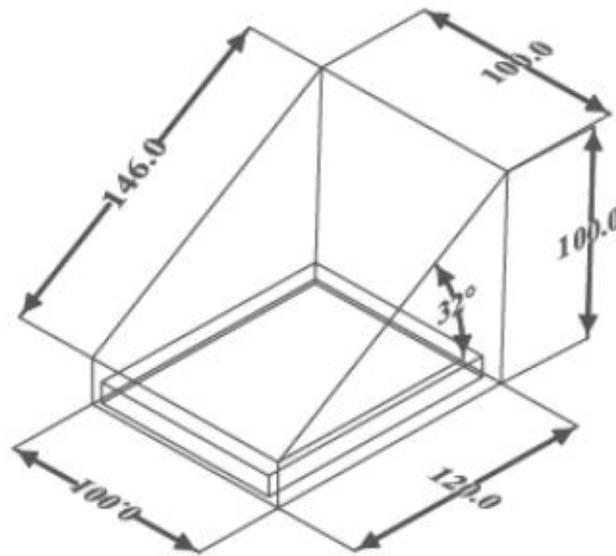
Dalam matahari pasif, radiasi matahari di terima langsung oleh baskom atau air masih matahari dan hanya sumber energi untuk menaikkan suhu air, jadi penguapan menyebabkan produktifitas air murni yang lebih rendah. Dalam tipe aktif energi panas ekstra tata surya disuplai ke baskom melalui mode eksternal untuk meningkatkan laju penguapan dan produktifitas air murni. Tata surya pasif memberi lebih rendah hasil ketika membandingkan dengan sistem surya aktif. Diantara metode non konvensional untuk mendisinfeksi air tercemar, metode yang paling menonjol adalah matahari distilasi. Metode ini membutuhkan teknologi sederhana karena tidak diperlukan pekerja terampil, pemeliharaan rendah dan bisa digunakan di mana saja tanpa masalah (Somanchi, 2015).



Gambar 2.5. Passive type solar still (Somanchi, 2015).

### 2.3. Single Slope

Pada penelitian ini evaporator yang direncanakan adalah model *single slope*. Terdiri dari stainless steel cekungan yang memiliki luas efektif 1 m. Lembar stainless steel memiliki ketebalan 0,8 mm. Ini terdiri dari penutup atas kaca transparan dengan kemiringan 32° dan dilapisi dengan cat hitam untuk menyerap energi matahari semaksimal mungkin. Seluruh rakitan dibuat kedap udara dengan bantuan gasket karet dan klem. Air laut masuk ke dalam baskom melalui saluran katup masuk. Untuk mempertahankan ketinggian air konstan 8 cm, pelampung di atur di dalam diam matahari. Air suling terkondensasi pada permukaan bagian dalam dari penutup kaca dan membentang di sepanjang tepi bawahnya. Air destilasi dikumpulkan dalam botol. Termokopel terletak di tempat yang berbeda dengan matahari untuk mengukur suhu seperti di luar tutup kaca, penutup kaca bagian dalam, suhu air cekungan, suhu uap dan suhu sekitar. Dalam percobaan ini Sodium Asetat digunakan sebagai bahan perubahan fasa. Semua percobaan dilakukan pada bulan Februari di Hyderabad, india (Somanchi *et al.*, 2015).



Gambar 2.6. Single slope solar still (Somanchi *et al.*, 2015).

#### 2.4. Air Laut

Air laut adalah salah satu sumber air yang melimpah, tetapi air laut tidak bisa langsung dikonsumsi. Air laut mengandung ion klor, natrium, belerang, magnesium, kalsium, dan kalium, enam ion ini membentuk 99,28 % berat dari air laut. Air laut mempunyai rasa asin karena mengandung garam NaCl sekitar 3%, sehingga tidak dapat digunakan secara langsung, untuk itu diperlukan proses desalinasi untuk mengurangi kadar garam (Januardi, 2016).

Tabel 2.1 Kandungan jenis ion dalam air laut (Januardi, 2016).

Unsur	Simbol	Konsentrasi (mg/l atau ppm)
Klorin	Cl	$1.95 \times 10^4$
Natrium	Na	$1.077 \times 10^4$
Magnesium	Mg	$1.290 \times 10^3$
Sulfur	S	$9.05 \times 10^2$
Kalsium	Ca	$4.12 \times 10^2$
Kalium	K	$3.80 \times 10^2$

Unsur	Simbol	Konsentrasi (mg/l atau ppm)
Bromin	Br	67
Karbon	C	28

## 2.5. Temperatur Dan Koefisien Internal Dari Evaporator

Energi yang diterima dari matahari tidak hanya diterima oleh kaca melainkan hampir semua permukaan yang bersentuhan dengan udara bebas mendapatkan rambatan panas dari sinar matahari baik secara konveksi, konduksi, maupun radiasi. Proses perpindahan panas internal ini di atur terutama oleh tiga mode yaitu konveksi, konduksi, radiasi. Tiga mode proses perpindahan panas internal adalah dijelaskan sebagai berikut (Sharshir *et al.*, 2017).

### 2.5.1. Perpindahan panas konveksi dari evaporator

Mode konveksi transfer panas diperumit oleh fenomena karena sangat terhubung dengan sifat fluida, karakteristik aliran, dan konduksi panas. Selain itu, perpindahan panas konveksi sangat erat tergantung pada geometri dan orientasi permukaan padat yang terlibat sebagai serta kekasarannya. Perpindahan konveksi terjadi antara permukaan air cekungan dan penutup kaca bagian dalam permukaan melalui udara lembab karena perbedaan suhu. Tingkat konveksi perpindahan panas di dalam still di ekspresikan dalam hal suhu air ( $T_w$ ) dan suhu bagian dalam kaca. Oleh hubungan berikut:

$$Q_{c,w-gi} = h_{c,w-gi} \times (T_w - T_{gi}) \quad (1.1)$$

Dimana,  $h_{c,w-gi}$  adalah koefisien perpindahan panas konveksi antara air permukaan dan permukaan bagian dalam penutup kaca dan dapat di hitung sebagai berikut:

$$h_{c,w-gi} = 0.884 \left[ \left( T_w - T_{gi} + \frac{(P_w - P_{gi})(T_w + 273)}{(268900 - P_w)} \right) \right]^{1/3} \quad (1.2)$$

Dimana  $P_w$  dan  $P_{gi}$  ialah tekanan uap pada permukaan air, maka dapat di cari dengan persamaan berikut.

$$P_w = \exp \left[ 25.317 - \left( \frac{5144}{T_w + 273} \right) \right] \quad (1.3)$$

$$P_{gi} = \exp \left[ 25.317 - \left( \frac{5144}{T_g + 273} \right) \right] \quad (1.4)$$

### 2.5.2. Perpindahan panas radiasi dari evaporator

Mode radiasi termal dari perpindahan panas berlangsung oleh mekanisme yang mencakup emisi energi internal objek. Radiasi termal ditransmisikan dalam ruang hampa dengan kecepatan cahaya tanpa pelemahan. Selain itu, terjadi dalam padatan, cairan, dan gas. Radiasi termal juga dapat terjadi antara dua benda yang dipisahkan oleh medium lebih dingin dari kedua badan, yang merupakan kasus di single slope baskom tunggal. Mode radiasi perpindahan panas terjadi di dalam single slope di antaranya massa air dan permukaan bagian dalam penutup kaca. Mengingat bahwa radiasi adalah fenomena permukaan, faktor tampilan berpengaruh signifikan tingkat perpindahan panas radiasi. Karena kecenderungan kecil kaca tutup sehubungan dengan cekungan air single slope.

Tingkat perpindahan panas radiasi antara permukaan kaca penutup bagian dalam dan air dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{R, w-gi} = h_{R, w-gi} \times (T_w - T_{gi}) \quad (1.5)$$

Dimana,  $h_{R, w-gi}$  adalah koefisien perpindahan panas radiasi antara kaca menutupi permukaan dalam dan massa air dan evaluasi dapat digunakan sebagai berikut.

$$h_{R, w-gi} = \varepsilon_{eff} \sigma \left[ (T_w + 273)^2 + (T_{gi} + 273)^2 \right] \times (T_w + T_{gi} + 546) \quad (1.6)$$

Dimana daya efektif dari air ke permukaan kaca yaitu emisivitas efektif dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\varepsilon_{eff} = \left[ \frac{1}{\varepsilon_w} + \frac{1}{\varepsilon_g} - 1 \right]^{-1} \quad (1.7)$$

Dimana nilai konstanta akan menjadi ( $\varepsilon_w = 0.95$ ), ( $\varepsilon_g = 0.94$ ).

### 2.5.3. Perpindahan panas evaporasi pada evaporator

Evaporasi terjadi antarmuka uap cair sedangkan uap tekanan lebih rendah dari tekanan saturasi pada waktu tertentu. Disaat penelitian dilakukan banyak

terjadi kehilangan panas pada saat penguapan di evaporator. Hilangnya panas dapat mempengaruhi tinggi rendahnya kecepatan proses penguapan air yang berkaitan dengan efisiensi kerja alat dan hasil yang di dapat. Tingkat panas menguapkan perpindahan antara massa air dan permukaan bagian dalam penutup kaca sebagai berikut.

$$Q_{E,w-gi} = h_{E,w-gi} \times (T_w - T_{gi}) \quad (1.8)$$

Dimana koefisien perpindahan panas evaporasi antara massa air dan permukaan bagian dalam ruang evaporator dapat di hitung dengan persamaan berikut.

$$h_{E,w-gi} = 16.273 \times 10^{-3} \times h_{c,w-gi} \times \left[ \frac{P_w - P_{gi}}{T_w - T_{gi}} \right] \quad (1.9)$$

Total laju perpindahan panas internal adalah penjumlahan tingkat konveksi, radiasi, evaporasi antara massa air dan permukaan bagian dalam penutup kaca dinyatakan sebagai berikut.

$$Q_{T,w-gi} = Q_{C,w-gi} + Q_{R,w-gi} + Q_{E,w-gi} \quad (1.10)$$

Dan

$$Q_{T,w-gi} = h_{T,w-gi} \times (T_w - T_{gi}) \quad (1.11)$$

Koefisien perpindahan panas total internal anantara massa air dan permukaan bagian dalam evaporator. Ditentukan sebagai berikut.

$$h_{T,w-gi} = h_{c,w-gi} + h_{R,w-gi} + h_{E,w-gi} \quad (1.12)$$

Tingkat perpindahan panas konduksi melalui ketebalan penutup kaca dari permukaan bagian dalam ke bagian luar dinyatakan sebagai berikut.

$$Q_{Cd,gi-go} = \frac{K_g}{L_g} (T_{gi} - T_{go}) \quad (1.13)$$

## 2.6. Temperatur dan koefisien eksternal dari evaporator

Perpindahan panas eksternal mewakili hilangnya energi panas dari evaporator single slope tunggal ke sekitarnya. Ini melibatkan tiga mode perpindahan panas yaitu perpindahan panas konduksi, perpindahan panas konveksi, dan perpindahan panas radiasi yang independen satu sama lain. Kehilangan panas dari luar permukaan penutup kaca evaporator single slope ke sekelingnya disebut sebagai top loss heat (kehilangan panas atas) proses dan dari air evaporator kelingkungan melalui isolasi disebut sebagai proses panas kerugian sisi dan samping. Di jelaskan sebagai berikut.

### 2.6.1. Transfer panas atas kerugian

Energi panas dari permukaan luar penutup evaporator yang hilang oleh radiasi dan proses perpindahan panas konveksi. Kehilangan panas konveksi dari permukaan luar penutup evaporator single slope ke atmosfer dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q_{C,go-a} = h_{C,go-a} (T_{go} - T_a) \quad (1.14)$$

Besarnya  $Q_{C,go-a}$  yang di dapat akan bervariasi jika besar kecepatan udara lingkungan tidak stabil maka diasumsikan kecepatan udara rata-rata pada lingkungan dan di tetapkan koefisien perpindahan panas konveksi sebagai berikut.

$$h_{C,go-a} = 2.8 + (3.0 \times v) \quad (1.15)$$

Kehilangan panas karena radiasi dari permukaan luar penutup evaporator single slope ke atmosfer di peroleh dengan:

$$Q_{R,go-a} = h_{R,go-a} (T_{go} - T_a) \quad (1.16)$$

Pada permukaan kaca besar koefisien perpindahan panas radiasi dan atmosfer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$h_{R,go-a} = \varepsilon_g \sigma \left[ \left( \frac{(T_{go}+273)^4 - (T_{sky}+273)^4}{(T_{go}-T_a)} \right) \right] \quad (1.17)$$

untuk mencari temperatur udara dengan persamaan berikut.

$$T_{sky} = T_a - 6 \quad (1.18)$$

Kehilangan panas atas total adalah penjumlahan dari radiasi dan konvektif kehilangan panas. Kehilangan panas radiasi dan konvektif ini dinyatakan sebagai berikut.

$$Q_{T,go-a} = Q_{C,go-a} + Q_{R,go-a} \quad (1.19)$$

Juga,

$$Q_{T,go-a} = h_{T,go-a} (T_{go} - T_a) \quad (1.20)$$

Total koefisien kehilangan panas atas antara permukaan luar kaca tutup dan sekitarnya dapat dihitung sebagai berikut.

$$h_{T,go-a} = h_{C,go-a} + h_{R,go-a} \quad (1.21)$$

Juga, total koefisien kehilangan panas atas dapat langsung diperoleh segi kecepatan angin ( $v$ ) dengan mempertimbangkan efek keduanya bebas konveksi dan radiasi dari penutup kondensasi oleh yang berikut ini.

$$h_{T,go-a} = 5.7 + (3.8 \times v) \quad (1.22)$$

Untuk mendapatkan koefisien kehilangan panas dari permukaan bagian dalam kaca dengan udara dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$U_{T,gi-a} = \frac{(K_g/L_g)h_{T,go-a}}{(K_g/L_g)+h_{T,go-a}} \quad (1.23)$$

Selain itu, koefisien kehilangan panas keseluruhan dari permukaan atas kaca dinyatakan sebagai berikut.

$$U_T = \frac{h_{T,w-gi} \times U_{T,gi-a}}{h_{T,w-gi} + U_{T,gi-a}} \quad (1.24)$$

### 2.6.2. Transfer panas kerugian bagian bawah dan samping

Energi panas yang hilang dari air cekungan ke sekitarnya melalui basin single slope dan ketebalan isolasi oleh konveksi, konduksi, dan radiasi. Kehilangan panas dari bawah dan sisi ke udara sekitar terjadi dalam urutan ini: konveksi, konduksi, dan radiasi. Namun dalam kasus grounded single slope, kehilangan panas bawah terjadi dalam bentuk konveksi dan konduksi saja.

Tingkat perpindahan panas konvektif antara basin dan massa air diberikan oleh.

$$Q_w = h_w (T_b - T_w) \quad (1.25)$$

Dimana  $h_w$  adalah koefisien perpindahan panas konvektif dari basin liner ke air. Laju perpindahan panas konduksi antara basin dan lingkungan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q_b = h_b (T_b - T_a) \quad (1.26)$$

Koefisien perpindahan panas antara basin dan sekitarnya melalui isolasi adalah  $h_b = \left[ \frac{L_{ins}}{K_{ins}} + \frac{1}{h_{R,b-a}} \right]^{-1}$  (1.27)

Dimana,

$$h_{R,b-a} = 5.7 + (3.8 \times v) \quad (1.28)$$

Keseluruhan koefisien kehilangan panas bawah antara massa air dan atmosfer sekitar diperoleh oleh.

$$U_b = \frac{h_w \times h_b}{h_w + h_b} \quad (1.29)$$

Keseluruhan sisi koefisien perpindahan panas antara massa air dan atmosfer sekitar dinyatakan sebagai berikut.

$$U_{ss} = \left( \frac{A_{ss}}{A_b} \right) U_b \quad (1.30)$$

Total koefisien kehilangan perpindahan panas bagian bawah samping dari air massa ke atmosfer sekitarnya dapat diperoleh.

$$U_{bs} = U_b + U_{ss} \quad (1.31)$$

Koefisien kehilangan perpindahan panas eksternal keseluruhan dari massa air ke lingkungan melalui bagian atas, bawah dan sisi single slope di ekspresikan sebagai berikut.

$$U_{ls} = U_t + U_{bs} \quad (1.32)$$

## 2.7. Efisiensi, Energi dari evaporator

Mencari efisiensi keseluruhan dapat dicari sebagai berikut.

$$\eta_{Energy} = \frac{\Sigma m_{ew} \times h_{fg}}{\Sigma I(t)_s \times A_s \times 3600} \quad (1.33)$$

Untuk mencari energi perjam yang di terima sebagai berikut.

$$E\eta_{per\ jam} = h_{E,w-gi}(T_w - T_{gi}) \quad (1.34)$$

## 2.8. Persamaan keseimbangan energi dari evaporator

Persamaan keseimbangan energi di setiap bagian single slope adalah dijelaskan sebagai berikut.

### 2.8.1. Kaca penutup permukaan bagian luar

Tingkat energi yang diterima dari permukaan bagian luar kaca dengan konduksi sama dengan laju energi yang hilang oleh konveksi dan radiasi dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q_{Cd,gi-go} = Q_{C,go-a} + Q_{R,go-a} \quad (1.35)$$

Atau,

$$Q_{Cd,gi-go} = Q_{T,go-a} \quad (1.36)$$

Keseimbangan energi kaca penutup permukaan luar menjadi.

$$\frac{Kg}{Lg}(T_{gi} - T_{go}) = h_{T,go-a} \times (T_{go} - T_a) \quad (1.37)$$

Dimana keseimbangan energi kaca penutup permukaan bagian luar dapat disederhanakan:

$$T_{go} = \left[ \frac{\left(\frac{Kg}{Lg}\right) T_{gi} + h_{T,go-a} \times T_a}{\left(\frac{Kg}{Lg}\right) + h_{T,go-a}} \right] \quad (1.38)$$

### 2.8.2. Kaca penutup permukaan bagian dalam

Tingkat energi yang diserap dari intensitas matahari di tambah tingkat energi yang di terima dari air melalui konveksi, penguapan dan radiasi sama dengan tingkat energi yang hilang ke permukaan kaca penutup luar oleh konduksi dapat dinyatakan sebagai.

$$\begin{aligned} a'gI(t)_s + Q_{C,w-gi} + Q_{E,w-gi} + Q_{R,w-gi} &= Q_{Cd,gi-go} \\ a'gI(t)_s + Q_{T,w-gi} &= Q_{Cd,gi-go} \\ a'gI(t)_s + h_{t,w-gi} \times (T_w - T_{gi}) &= \frac{K_g}{L_g} (T_{gi} - T_{go}) \end{aligned} \quad (1.39)$$

Dimana,

$$a'g = (1 - R_g) \times a_g \quad (1.40)$$

Dimana persamaan penutup permukaan bagian dalam dapat disederhanakan:

$$T_{gi} = \frac{a'gI(t)_s + h_{T,w-gi} \times T_w + U_{T,gi-a} \times T_a}{h_{T,w-gi} + U_{T,gi-a}} \quad (1.41)$$

### 2.9. Basin

Laju transfer energi yang diserap dari intensitas matahari dengan laju transfer energi hilang ke air karena konveksi plus laju transfer energi hilang ke ambien oleh konduksi dan konveksi dinyatakan sebagai berikut.

$$T_b = \frac{a'bl(t)_s + h_w \times T_w + h_b \times T_b}{h_w + h_b} \quad (1.42)$$

### 2.10. Massa air

Keseimbangan energi untuk massa air menyiratkan bahwa tingkat bersih transfer energi ke dalam massa air sama dengan laju kenaikan kandungan energi massa air di dalam cekungan. Massa air adalah penjumlahan dari laju energi yang diserap dari radiasi matahari, tingkat energi yang diterima evaporator oleh konveksi, dan laju energi yang di terima. Karenanya, energi keseimbangan massa air dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$T_w = \frac{f^-(t)}{a} \times [1 - e^{-at}] + T_{w0} \times e^{-at} \quad (1.43)$$

### 2.11. Evaluasi hasil dari desalinasi

Air tawar yang dihasilkan disaat proses penelitian sangat diharapkan termasuk didalam tujuan penelitian yang dilakukan. Persamaan dibawah ini dapat digunakan untuk menghitung jumlah air tawar yang dihasilkan.

$$M_{ew} = \frac{h_{E,w-i} \times (T_w - T_{gi})}{L} \quad (1.44)$$

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu

##### 3.1.1. Tempat

Tempat dilaksanakannya kegiatan penelitian Alat desalinasi matahari *system passive single slope* di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara jalan kapten Muktar Basri No.3 Medan, 20238.

##### 3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan studi eksperimental dilakukan setelah mendapatkan persetujuan judul tugas sarjana dari dosen pembimbing.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Bulan ke							
		Jul	Ag u	Se p	Okt	Nov	De s	Jan	Fe b
1	Pengajuan Judul	■							
2	Studi Literatur	■	■						
3	Persiapan Alat dan Bahan			■	■				
4	Pelaksanaan Penelitian				■	■			
5	Pengujian Penelitian					■	■		
6	Pengolahan Data						■	■	
7	Asistensi dan Perbaikan							■	■

### 3.2. Bahan dan Alat

#### 3.2.1. Bahan

##### 1. Kaca Evaporator

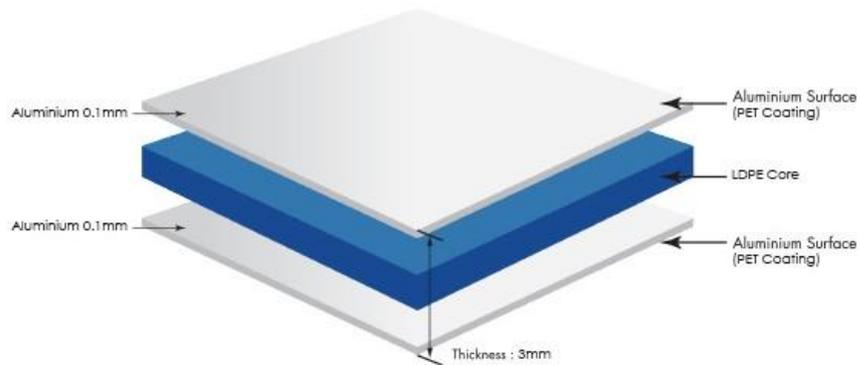
Kaca evaporator menggunakan jenis clear glass (kaca bening) dengan ukuran panjang 1000 mm dan lebar 1000 mm dengan ketebalan kaca 3 mm.



Gambar 3.1. Kaca bening.

##### 2. Bahan alas dan dinding evaporator

Bahan yang digunakan untuk ruang evaporator haruslah yang berbahan tahan terhadap air garam agar tidak mudah terjadi korosi. Adapun bahan yang digunakan untuk ruang evaporator terbuat dari aluminium komposit panel (ACP). Dengan ketebalan 3 mm, berikut susunan komposisi yang terdapat pada ACP.



Gambar 3.2. Susunan komposisi aluminium komposit panel.

Material : ACP (Aluminium Composit Panel)

Tebal : 3 mm

### 3.2.2. Alat

#### 1. Sensor Suhu DS18B20

Berfungsi untuk mendeteksi suhu ruangan. Sensor ini dapat mendeteksi suhu dari  $-55^{\circ}\text{C}$  -  $125^{\circ}\text{C}$  dengan tingkat keakurasian ( $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ) dan dengan resolusi 9-12 bit.



Gambar 3.3. Sensor Suhu DS18B20.

#### 2. Thermo Anemometer

Untuk mencatat data kecepatan angin dengan tepat dan akurat. Alat ini mampu mengukur kecepatan angin dengan berkisar 0.5 meter setiap detiknya.



Gambar 3.4. Thermo Anemometer.

### 3. Alat Ukur Intesitas Matahari

Alat ukur intensitas matahari ini digunakan untuk mencatat kekuatan energi matahari baik dalam satuan Watt secara akurat. Pengukuran daya energi matahari mampu hingga  $1999 \text{ watt/m}^2$ .



Gambar 3.5. Alat Ukur Intesitas Matahari.

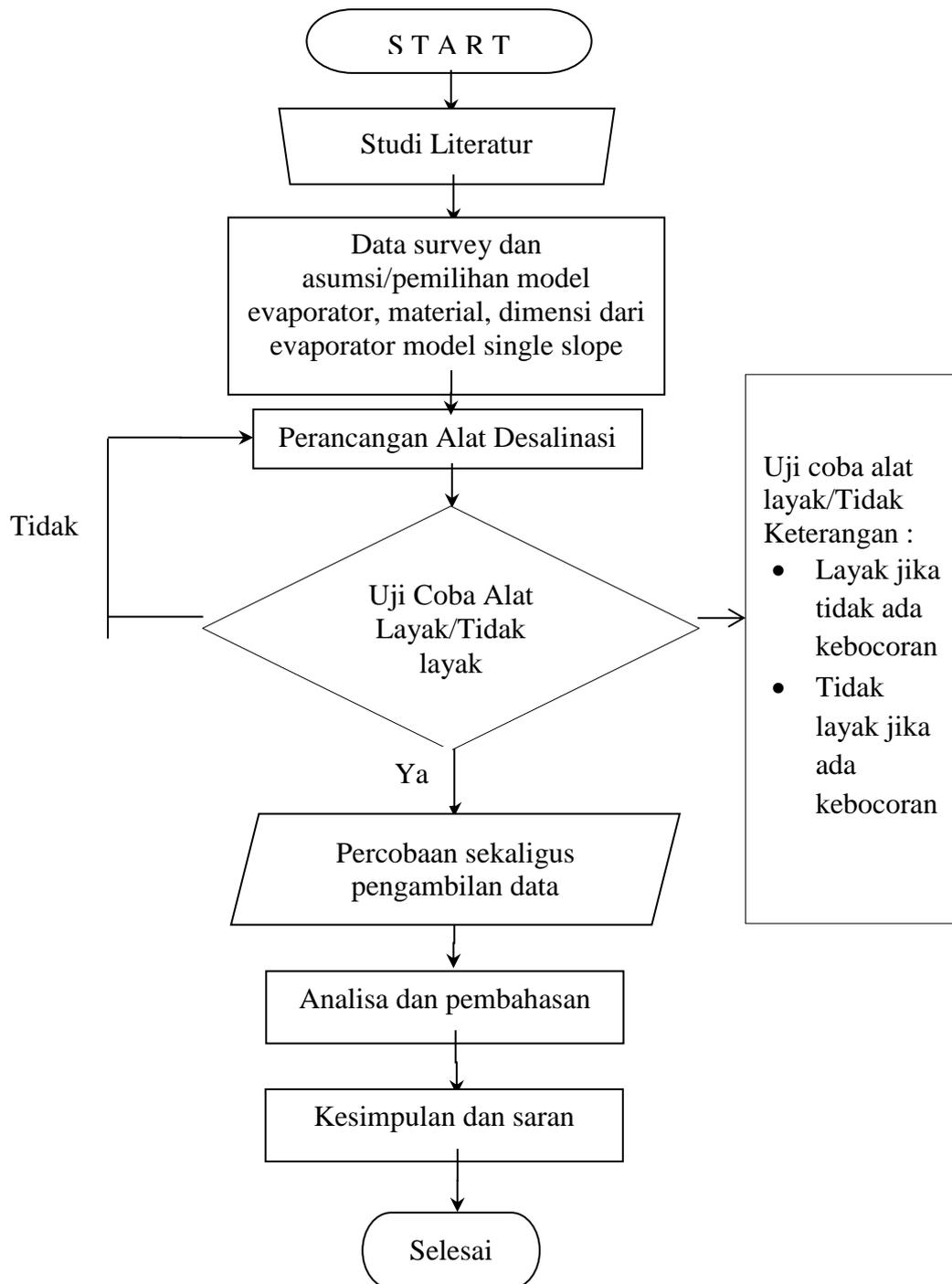
### 4. Alat Timbangan Digital

Alat timbangan digital ini digunakan untuk menimbang air tawar yang di hasilkan pada proses desalinasi.



Gambar 3.6. Alat Timbangan Digital.

### 3.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.7. Bagan alir penelitian.

### 3.4. Rancangan Alat Penelitian



Gambar 3.8. Rancangan alat penelitian.

Keterangan:

- 1.Kaca evaporator
- 2.Tangki hasil air tawar
- 3.Tangki masuknya air laut ke dalam evaporator
- 4.Sensor suhu bagian luar kaca
- 5.Dinding bagian luar alat desalinasi

Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan digunakan ketahap selanjutnya yaitu pembahasan data dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ditetapkan pada bab 2 sebelumnya.

#### 1. Tahap Pertama

Dimulai dengan melakukan pengujian untuk mendapatkan data pengujian yang berupa temperatur kaca bagian dalam dan luar, temperatur air, udara dalam evaporator, temperatur lingkungan, kecepatan angin dan intensitas matahari.

#### 2. Tahap kedua

Mencari nilai koefisien didalam evaporator (Internal), koefisien konveksi, koefisien radiasi dan koefisien evaporasi lalu mencari total koefisien dan total energi yang terserap dan terbuang.

3. Tahap ketiga

Mencari nilai koefisien diluar evaporator (Eksternal), koefisien radiasi gelas kelilingungan, koefisien perpindahan panas konveksi lalu mencari total koefisien dan total energi yang diterima oleh kaca penutup evaporator.

4. Tahap keempat

Mencari nilai koefisien sisi bawah dan kesetimbangan energi lalu mencari jumlah air yang didapat, setelah itu mencari besar energi per jam dan efisiensi keseluruhan.

3.5. Prosedur Penelitian

Prosedur dan langkah-langkah pada saat pengujian dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Proses instalasi alat desalinasi.
2. Kembali memeriksa alat pengukur temperatur dan sekaligus pengecekan terjadinya kebocoran pada daerah yang di isolasi atau diberi perekat lem.
3. Pengisian air laut kedalam tangki penampungan air laut dan mengalirkan kedalam epavorator.
4. Mengoperasikan sistem sensor Temperatur dan sensor lainnya.
5. Pengujian dilakukan dari jam 08:00 sampai jam 17:00 WIB selama 7 hari.
6. Temperatur dari kemiringan kaca akan dibaca melalui thermokopel pada sisi luar dan dalam.
7. Ketinggian air laut pada evaporator diamati dan di atur pada 0.02 m.
8. Laju produksi air tawar yang dihasilkan selama pengujian ditimbang.
9. Proses pengambilan data dengan cara merekam kejadian pada saat pengujian.
10. Ulangi pengujian keesokan harinya sampai selesainya pengujian.
11. Data dari hasil pengujian dianalisis.

## BAB 4

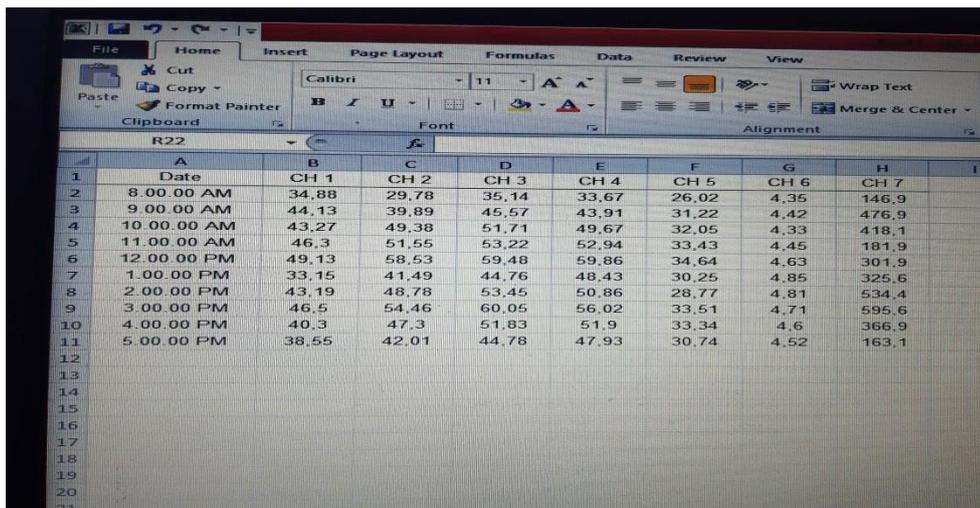
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh dari hasil pengujian akan digunakan ketahap selanjutnya yaitu pembahasan data dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ditetapkan pada bab 2 sebelumnya.

##### 1. Tahap Pertama

Dimulai dengan melakukan pengujian pada jam 08:00 sampai jam 17:00 WIB selama 7 hari untuk mendapatkan data pengujian yang berupa temperatur kaca bagian dalam dan luar, temperatur air, udara dalam evaporator, temperatur lingkungan, kecepatan angin dan intensitas matahari.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Date	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6	CH 7	
1									
2	8.00.00 AM	34,88	29,78	35,14	33,67	26,02	4,35	146,9	
3	9.00.00 AM	44,13	39,89	45,57	43,91	31,22	4,42	476,9	
4	10.00.00 AM	43,27	49,38	51,71	49,67	32,05	4,33	418,1	
5	11.00.00 AM	46,3	51,55	53,22	52,94	33,43	4,45	181,9	
6	12.00.00 PM	49,13	58,53	59,48	59,86	34,64	4,63	301,9	
7	1.00.00 PM	33,15	41,49	44,76	48,43	30,25	4,85	325,6	
8	2.00.00 PM	43,19	48,78	53,45	50,86	28,77	4,81	534,4	
9	3.00.00 PM	46,5	54,46	60,05	56,02	33,51	4,71	595,6	
10	4.00.00 PM	40,3	47,3	51,83	51,9	33,34	4,6	366,9	
11	5.00.00 PM	38,55	42,01	44,78	47,93	30,74	4,52	163,1	
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									

Gambar 4.1. Data hasil pengujian.

Keterangan:

1. CH 1: Data temperatur kaca bagian luar.
2. CH 2: Data temperatur kaca bagian dalam.
3. CH 3: Data temperatur udara dalam evaporator.
4. CH 4: Data temperatur air.
5. CH 5: Data temperatur lingkungan.
6. CH 6: Data kecepatan Angin.
7. CH 7: Data intensitas matahari.

## 2. Tahap kedua

Mencari nilai koefisien didalam evaporator (Internal), mencari koefisien konveksi pada persamaan (1.2), mencari koefisien radiasi pada persamaan (1.6) dan mencari koefisien evaporasi pada persamaan (1.9). Dilakukan selama 7 hari pengujian.

1	tgl,25												
2	Waktu	Tgo	Tw	Tb	Tgi	T.a	Tsky	Intensitas					
3	Jam	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		SR,W/mA <sup>2</sup>	Angin, m/s				
4	8:00	34,88	33,67	35,14	29,78	26,02	20,020	146,90	4,35				
5	9:00	44,13	43,91	45,57	39,89	31,22	25,220	476,90	4,42				
6	10:00	43,27	49,67	51,71	49,38	32,05	26,050	418,10	4,33				
7	11:00	46,30	52,94	53,22	51,55	33,43	27,430	181,90	4,45				
8	12:00	49,13	59,86	59,48	58,53	34,64	28,640	301,90	4,63				
9	13:00	33,15	48,43	44,76	41,49	30,25	24,250	325,60	4,85				
10	14:00	43,19	50,86	53,45	48,78	28,77	22,770	534,40	4,81				
11	15:00	46,50	56,02	60,05	54,46	33,51	27,510	595,60	4,71				
12	16:00	40,30	51,90	51,83	47,30	33,34	27,340	366,90	4,60				
13	17:00	38,55	47,93	44,78	42,01	30,74	24,740	163,10	4,52				

Gambar 4.2. Data hasil nilai koefisien didalam evaporator (Internal).

## 3. Tahap ketiga

Mencari nilai koefisien diluar evaporator (Eksternal), mencari koefisien radiasi gelas kelingkungan pada persamaan (1.17), mencari koefisien perpindahan panas konveksi pada persamaan (1.15). Dilakukan selama 7 hari pengujian.

1	tgl,25												
2	Waktu	Tgo	Tw	Tb	Tgi	T.a	Tsky	Intensitas					
3	Jam	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)		SR,W/mA <sup>2</sup>	Angin, m/s				
4	8:00	34,88	33,67	35,14	29,78	26,02	20,020	146,90	4,35				
5	9:00	44,13	43,91	45,57	39,89	31,22	25,220	476,90	4,42				
6	10:00	43,27	49,67	51,71	49,38	32,05	26,050	418,10	4,33				
7	11:00	46,30	52,94	53,22	51,55	33,43	27,430	181,90	4,45				
8	12:00	49,13	59,86	59,48	58,53	34,64	28,640	301,90	4,63				
9	13:00	33,15	48,43	44,76	41,49	30,25	24,250	325,60	4,85				
10	14:00	43,19	50,86	53,45	48,78	28,77	22,770	534,40	4,81				
11	15:00	46,50	56,02	60,05	54,46	33,51	27,510	595,60	4,71				
12	16:00	40,30	51,90	51,83	47,30	33,34	27,340	366,90	4,60				
13	17:00	38,55	47,93	44,78	42,01	30,74	24,740	163,10	4,52				

Gambar 4.3. Data hasil koefisien diluar evaporator (Eksternal).

#### 4. Tahap keempat

Mencari nilai koefisien sisi bawah dan kesetimbangan energi pada persamaan (1.38), lalu mencari jumlah air yang didapat melalui persamaan (1.44), setelah itu mencari besar energi per jam melalui persamaan (1.34) dan efisiensi energi tertinggi melalui persamaan (1.33). Dilakukan selama 7 hari pengujian.

Waktu	Tgo	Tw	Tb	Tgi	Ta	Tsky	Intensitas	SR, W/m <sup>2</sup>	Angin, m/s	Uls	$\alpha$	-eDT	EXP-eDT	f(t)	Tw	Td	Energi /h	Mew	Efisiensi energi
8:00	34,88	33,67	35,14	29,78	26,02	20,020	146,90	4,35	12,4876	0,0001	-0,2146	0,8069	0,0016	32,5074	33,8113	0,058	0,0450	20,5095	
9:00	44,13	43,91	45,57	39,89	31,22	25,220	476,90	4,42	15,4399	0,0001	-0,2653	0,7670	0,0026	41,9713	44,3141	0,146	0,1139	15,8352	
10:00	43,27	49,67	51,71	49,38	32,05	26,050	418,10	4,33	12,8085	0,0001	-0,2201	0,8024	0,0022	47,0851	50,0345	0,139	0,1092	17,2154	
11:00	46,30	52,94	53,22	51,55	33,43	27,430	181,90	4,45	16,6183	0,0001	-0,2856	0,7516	0,0028	48,4808	53,0879	0,228	0,1794	64,8966	
12:00	49,13	59,86	59,48	58,53	34,64	28,640	301,90	4,63	19,2642	0,0001	-0,3310	0,7182	0,0034	53,3915	60,0905	0,344	0,2722	58,9662	
13:00	33,15	48,43	44,76	41,49	30,25	24,250	325,60	4,85	19,5358	0,0001	-0,3357	0,7148	0,0030	43,9136	48,6208	0,263	0,2050	41,7647	
14:00	43,19	50,86	53,45	48,78	28,77	22,770	534,40	4,81	16,7856	0,0001	-0,2884	0,7494	0,0027	46,4606	51,3258	0,274	0,2154	26,5123	
15:00	46,50	56,02	60,05	54,46	33,51	27,510	595,60	4,71	18,1753	0,0001	-0,3123	0,7317	0,0033	51,2426	56,5594	0,307	0,2433	26,6969	
16:00	40,30	51,90	51,83	47,30	33,34	27,340	366,90	4,60	19,2166	0,0001	-0,3302	0,7188	0,0033	47,4501	52,1871	0,263	0,2064	37,0617	
17:00	38,55	47,93	44,78	42,01	30,74	24,740	163,10	4,52	17,8157	0,0001	-0,3061	0,7363	0,0027	43,7412	48,0026	0,217	0,1696	68,9816	
									4,57								2,239	1,7594	378,4402

Gambar 4.4. Data hasil mencari jumlah air, mencari besar energi per jam dan efisiensi energi.

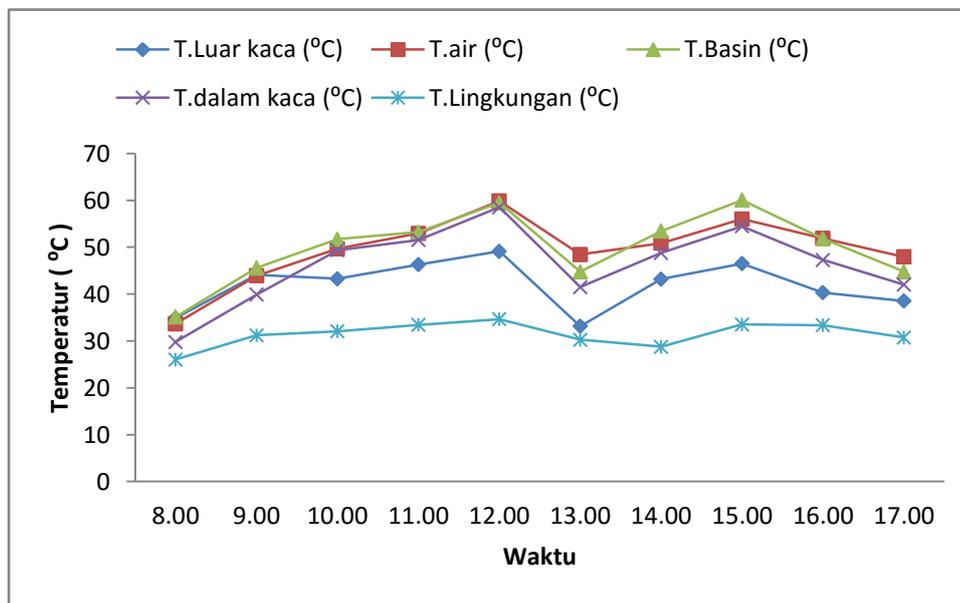
Pengambilan data dilakukan pada pagi hingga sore hari selama 7 hari dengan mengamati dari setiap temperatur termokopel yang melekat pada sisi-sisi yang telah ditentukan. Ada 4 titik yang diamati melalui termokopel kenaikan temperaturnya. Kecepatan angin pada lingkungan juga banyak mempengaruhi naik turunnya temperatur permukaan kaca yang berpengaruh terhadap kecepatan laju pengembunan. Jika dilihat naiknya temperatur berbanding lurus dengan besar intensitas sinar matahari yang dibaca oleh sensor, sehingga variable kecepatan laju aliran udara sangatlah berpengaruh terhadap temperatur permukaan kaca. Debit air didalam evaporator juga diamati dan selalu ditambah jika permukaan air sudah dibawah batas atas yang diberikan. Untuk melihat data yang didapat dari pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

#### 4.1.1. Data Temperatur Kaca, Air Dan Lingkungan Saat Pengujian

Tabel 4.1. Data hasil pengujian hari pertama.

Waktu	T.Luar kaca	T.air	T.Basin	T.dalam kaca	T.Lingkungan
Jam	( <sup>0</sup> C)				
8.00	34,88	33,67	35,14	29,78	26,02
9.00	44,13	43,91	45,57	39,89	31,22
10.00	43,27	49,67	51,71	49,38	32,05
11.00	46,30	52,94	53,22	51,55	33,43
12.00	49,13	59,86	59,48	58,53	34,64
13.00	33,15	48,43	44,76	41,49	30,25
14.00	43,19	50,86	53,45	48,78	28,77
15.00	46,50	56,02	60,05	54,46	33,51
16.00	40,30	51,90	51,83	47,30	33,34
17.00	38,55	47,93	44,78	42,01	30,74

Dari tabel di atas jelas dilihat kenaikan dimulai dari pagi hari dalam evaporator, berikut ditampilkan dalam grafik.



Gambar 4.5. Grafik waktu terhadap temperatur hari pertama pengujian.

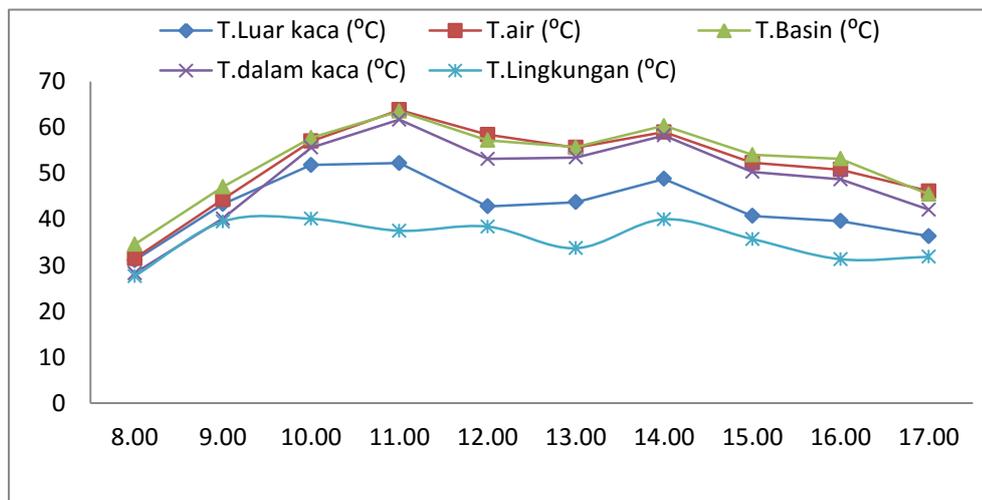
Pada hari pertama intensitas matahari tinggi dikarenakan penimbunan panas akibat rapatnya celah udara dan dinding diisolasi sehingga menyebabkan udara panas yang menembus kaca evaporator terkurung tidak dapat keluar walaupun ada yang kembali lagi terkonveksi melalui kaca evaporator. Pada hari kedua dan

seterusnya, kondisi temperatur tidak sama dengan hari pertama terkadang mengalami kenaikan dan sesekali juga mengalami penurunan. Data hasil pengujian dihari kedua dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2. Data hasil pengujian hari kedua.

Waktu	T.Luar kaca	T.air	T.Basin	T.dalam kaca	T.Lingkungan
Jam	( <sup>0</sup> C)				
8.00	31,07	31,45	34,56	28,28	27,64
9.00	43,31	44,31	47,07	40,17	39,51
10.00	51,85	57,02	57,77	55,64	40,13
11.00	52,25	63,82	63,54	61,72	37,52
12.00	42,82	58,43	57,23	53,17	38,43
13.00	43,72	55,62	55,72	53,46	33,72
14.00	48,81	59,01	60,39	58,28	40,01
15.00	40,74	52,31	54,05	50,34	35,72
16.00	39,62	50,84	53,19	48,72	31,32
17.00	36,32	46,15	45,48	42,09	31,85

Jika dilihat pada tabel pengujian yang kedua terlihat jelas perbedaan suhu antara hari pertama pengujian dengan hari kedua, intensitas matahari pada hari kamis lebih rendah di pagi hari hingga menjelang siang dibanding pada hari pertama. Hal ini menyebabkan temperatur hari kedua mengalami penurunan dibandingkan dengan hari pertama. Data intensitas matahari setiap harinya akan ditampilkan dalam bentuk tabel yang akan dibahas setelah data temperatur.



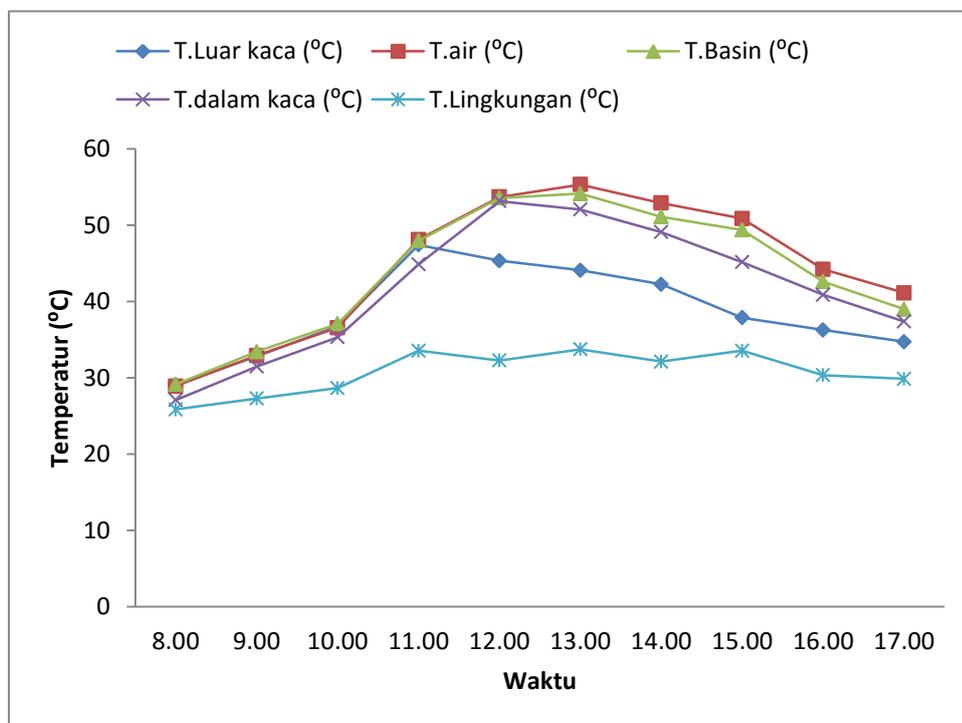
Gambar 4.6. Grafik waktu terhadap temperatur hari kedua pengujian.

Dari grafik diatas dapat dilihat temperatur hari kedua pengujian. Untuk hari ketiga pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3. Data hasil pengujian hari ketiga.

Waktu	T.Luar kaca	T.air	T.Basin	T.dalam kaca	T.Lingkungan
Jam	( <sup>0</sup> C)				
8.00	29,09	28,91	29,13	27,08	25,85
9.00	32,79	32,91	33,43	31,47	27,28
10.00	36,79	36,56	37,09	35,33	28,64
11.00	47,43	48,12	47,96	44,88	33,54
12.00	45,35	53,71	53,58	53,17	32,26
13.00	44,10	55,34	54,15	52,07	33,73
14.00	42,26	52,92	51,11	49,11	32,12
15.00	37,89	50,87	49,39	45,16	33,55
16.00	36,27	44,22	42,61	40,88	30,34
17.00	34,71	41,12	38,98	37,38	29,87

Dari tabel diatas terlihat pada hari ketiga pengujian intensitas matahari lebih rendah dibandingkan dengan pengujian pada hari pertama dan kedua. Grafik kenaikan suhu dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



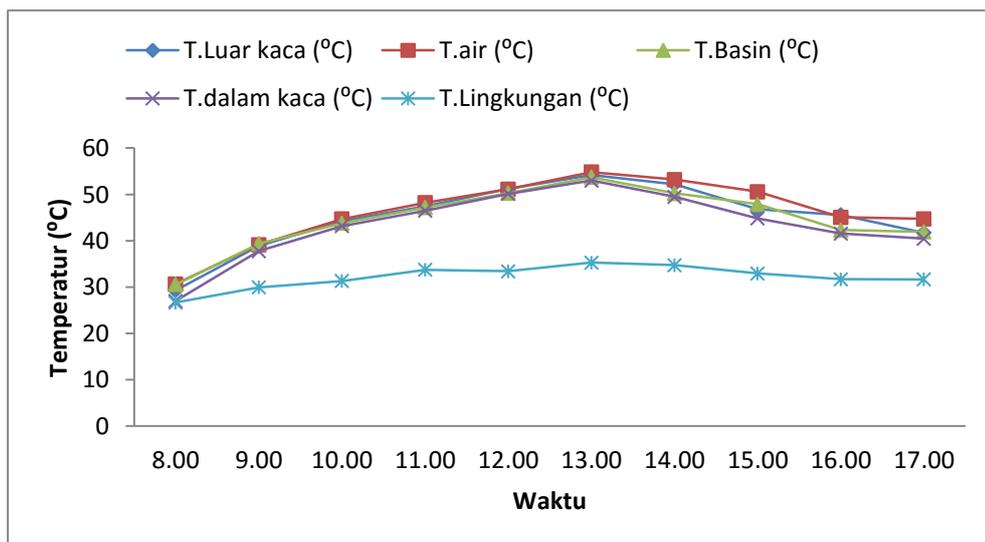
Gambar 4.7. Grafik waktu terhadap temperatur hari ke tiga pengujian.

Dengan melihat grafik diatas dapat memungkinkan mempermudah memahami naik turunnya temperatur pada saat pengujian hari ketiga berlangsung. Untuk pengujian hari keempat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4. Data hasil pengujian hari keempat.

Waktu	T.Luar kaca	T.air	T.Basin	T.dalam kaca	T.Lingkungan
Jam	( <sup>o</sup> C)				
8.00	29,28	30,64	30,54	26,99	26,67
9.00	38,84	39,12	39,37	37,74	29,94
10.00	44,28	44,68	43,78	43,17	31,31
11.00	47,43	48,18	47,15	46,47	33,73
12.00	51,19	51,13	50,25	50,13	33,42
13.00	54,16	54,81	53,71	52,97	35,26
14.00	52,19	53,20	50,23	49,47	34,73
15.00	46,77	50,56	47,89	44,82	32,92
16.00	45,57	45,07	42,31	41,55	31,69
17.00	41,72	44,71	41,91	40,45	31,64

Sedangkan pengujian pada hari keempat kecepatan angin lebih tinggi dari hari-hari sebelumnya dan ini sangat mempengaruhi temperatur kaca, air dan hasil air tawar yang diperoleh saat pengujian. Berikut akan ditampilkan kenaikan temperatur pengujian dalam grafik.



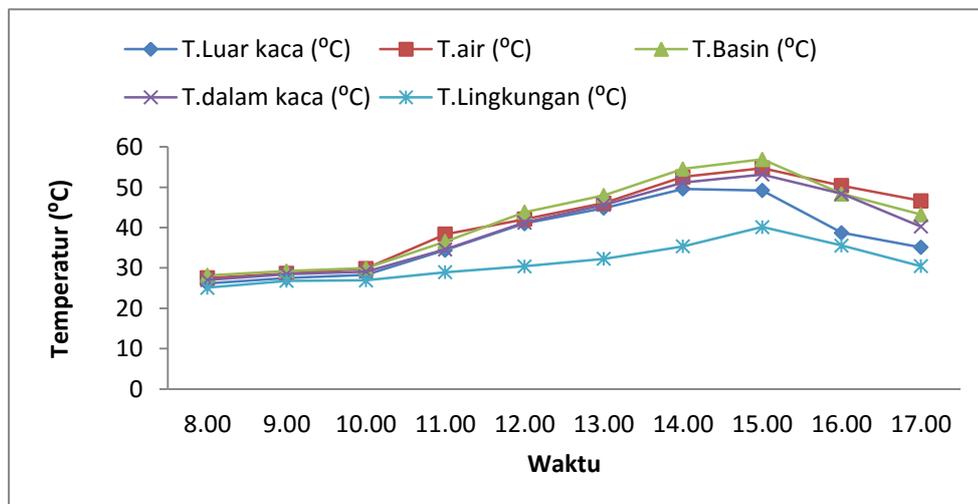
Gambar 4.8. Grafik waktu terhadap temperatur hari ke empat pengujian.

Pada grafik diatas jelas terlihat kenaikan suhu yang stabil dan meninggi perlahan dan penurunan temperatur juga tidak drastis dan curam. Berbeda dengan data hasil pengujian pada hari ketiga, temperatur mengalami ketidakstabilan dalam kenaikan maupun penurunan temperatur. Tingginya kecepatan angin juga berpengaruh terhadap laju konveksi lingkungan dengan permukaan kaca bagian luar. Hasil pengujian hari kelima dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.5. Data hasil pengujian hari kelima.

Waktu	T.Luar kaca	T.air	T.Basin	T.dalam kaca	T.Lingkungan
Jam	( <sup>0</sup> C)				
8.00	26,13	27,51	28,14	27,02	25,10
9.00	27,49	28,63	29,24	28,48	26,83
10.00	28,28	29,86	29,95	29,10	26,94
11.00	34,44	38,35	36,56	34,61	28,93
12.00	41,03	42,07	43,83	41,27	30,42
13.00	44,86	46,08	47,99	45,64	32,27
14.00	49,61	52,58	54,56	51,19	35,34
15.00	49,22	54,75	56,94	53,16	40,13
16.00	38,74	50,38	48,37	48,38	35,56
17.00	35,13	46,63	43,25	40,25	30,44

Kecepatan angin pada hari kelima lebih rendah dibandingkan dengan hari keempat. Jumlah air yang dihasilkan pada hari kelima jauh lebih rendah dari hari-hari sebelumnya, melihat rendahnya intensitas matahari pada hari kelima air yang di dalam evaporator tidak mengalami penguapan dan air tawar yang dihasilkan sedikit. Berikut grafik temperatur pada hari kelima.



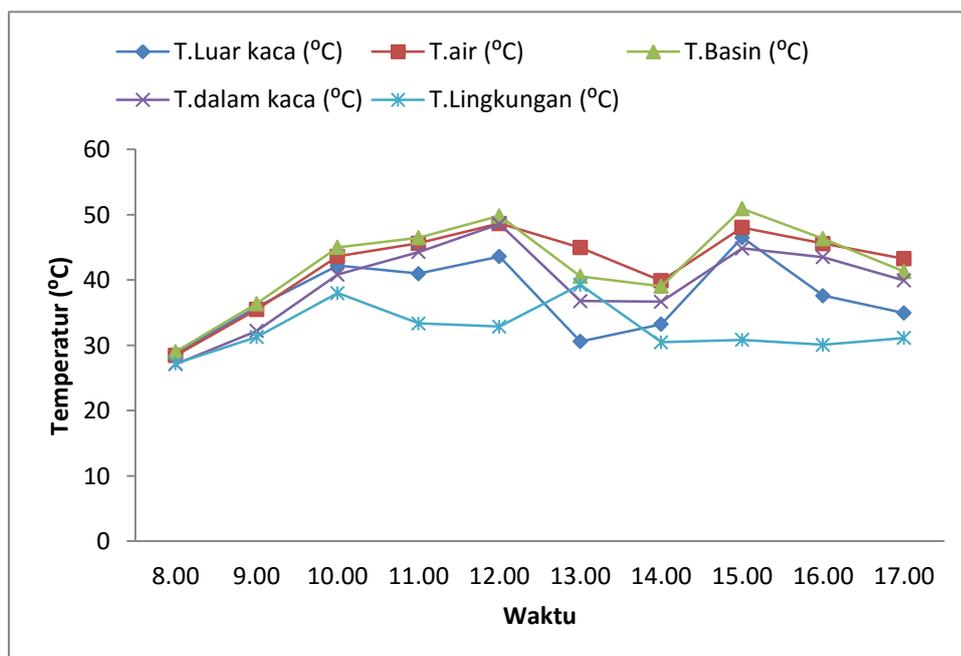
Gambar 4.9. Grafik waktu terhadap temperatur hari ke lima pengujian.

Dari gambar grafik di atas dapat dilihat rendahnya temperatur dari setiap termokopel. Untuk hasil pengujian hari keenam dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.6. Data hasil pengujian hari keenam.

Waktu	T.Luar kaca	T.air	T.Basin	T.dalam kaca	T.Lingkungan
Jam	( <sup>0</sup> C)				
8.00	28,79	28,45	29,02	27,12	27,22
9.00	35,84	35,48	36,38	32,20	31,28
10.00	42,21	43,63	45,01	40,84	38,01
11.00	40,99	45,64	46,48	44,29	33,35
12.00	43,61	48,66	49,84	48,58	32,87
13.00	30,59	44,98	40,57	36,77	39,26
14.00	33,24	39,89	39,04	36,69	30,46
15.00	46,51	48,06	50,93	44,84	30,83
16.00	37,60	45,59	46,34	43,50	30,07
17.00	34,94	43,25	41,31	39,94	31,12

Dari tabel di atas dapat dilihat pada hari keenam intensitas matahari lebih tinggi dibanding intensitas matahari pada hari kelima. Pada hari keenam kecepatan angin tidak jauh berbeda dengan hari kelima. Dengan melihat grafik hari keenam maka mempermudah melihat temperatur kaca dan air.



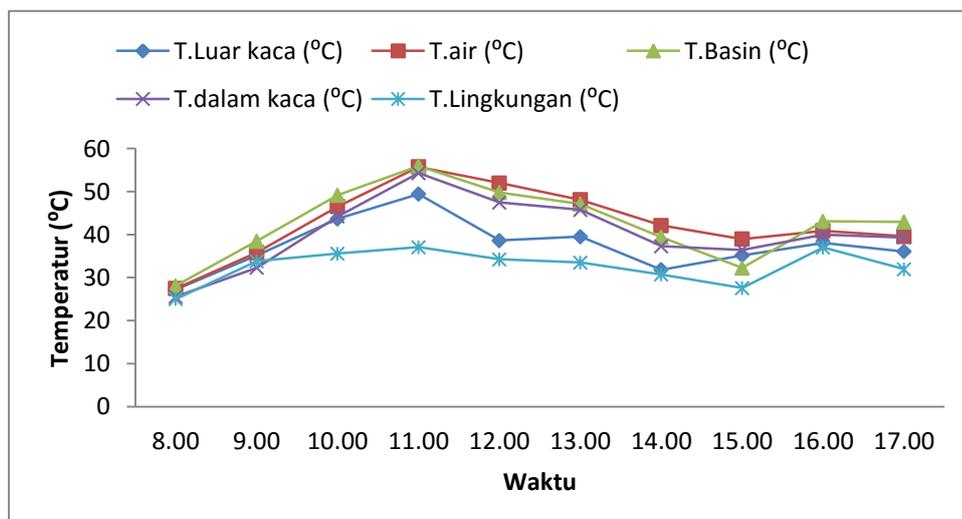
Gambar 4.10. Grafik waktu terhadap temperatur hari ke enam pengujian.

Dengan melihat grafik data hasil pengujian hari keenam visualisasi dari tabel yang menyatakan kenaikan temperatur menunjukkan kenaikan yang baik secara bertahap dan penurunan temperatur yang bertahap. Adapun data hasil pengujian pada hari ketujuh dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.7. Data hasil pengujian hari ketujuh.

Waktu Jam	T.Luar kaca ( <sup>0</sup> C)	T.air ( <sup>0</sup> C)	T.Basin ( <sup>0</sup> C)	T.dalam kaca ( <sup>0</sup> C)	T.Lingkungan ( <sup>0</sup> C)
8.00	27,21	27,45	28,10	25,56	25,02
9.00	35,15	35,82	38,48	32,27	33,81
10.00	43,69	46,52	49,19	44,24	35,58
11.00	49,42	55,75	55,96	54,30	37,06
12.00	38,63	52,00	49,80	47,47	34,25
13.00	39,53	48,09	47,10	45,74	33,52
14.00	31,82	42,11	39,40	37,29	30,73
15.00	35,19	38,98	32,26	36,44	27,57
16.00	38,08	40,90	43,07	40,02	37,00
17.00	36,06	39,58	42,92	39,34	31,95

Data hasil pengujian hari ketujuh terlihat pada tabel diatas menunjukkan intensitas matahari tidak terlalu tinggi pada hari itu. Temperatur mengalami kenaikan di pagi hari hingga di siang hari kemudian mengalami penurunan perlahan-lahan sampai selesainya pengujian. Untuk mempermudah melihat naik turunnya temperatur dapat di lihat pada grafik hari ketujuh ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.11. Grafik waktu terhadap temperatur hari ke tujuh pengujian.

Grafik diatas menggambarkan terjadinya kenaikan temperatur yang bertahap pada temperatur air dan mengalami penurunan menjelang sore hari dikarenakan intensitas matahari mulai menurun.

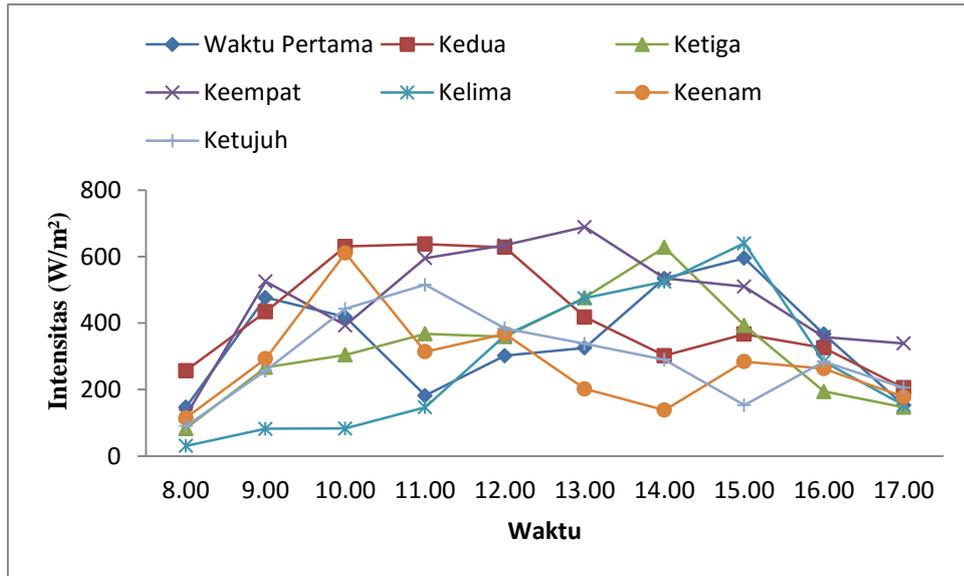
#### 4.1.2. Data Intensitas Matahari

Pada penelitian ini posisi matahari berada diarah timur ke barat, sehingga peneliti meletakkan alat desalinasi kearah selatan yang bertujuan pada saat sore hari sinar matahari tidak akan membelakangi alat desalinasi yang dapat menyebabkan berkurangnya kinerja pada alat desalinasi. Intensitas matahari sangat mempengaruhi temperatur permukaan kaca berikut akan ditampilkan pada tabel.

Tabel 4.8. Data Intensitas Matahari Setiap Hari.

Waktu	Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> )						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
08.00	146.90	256.90	83.10	121.90	30.60	114.40	90.30
09.00	476.90	434.40	266.90	393.60	81.90	293.10	256.80
10.00	418.10	630.60	304.40	525.60	83.10	611.10	443.10
11.00	181.90	638.10	368.10	595.60	300.90	314.20	515.60
12.00	301.90	628.10	359.40	634.40	363.10	368.10	484.40
13.00	325.60	418.10	476.90	689.10	474.90	201.90	338.20
14.00	534.40	301.90	628.10	534.40	525.20	138.10	290.10
15.00	595.60	366.90	393.10	510.10	640.10	284.40	153.30
16.00	366.90	325.60	194.40	358.30	284.40	263.10	284.40
17.00	163.10	205.60	126.90	209.10	253.10	178.10	205.60

Dengan melihat tabel diatas maka jelas terlihat tinggi rendahnya intensitas matahari setiap harinya dan hal ini sangat mempengaruhi air bersih yang di hasilkan saat pengujian. Intensitas matahari tertinggi terlihat pada hari keempat mencapai 689.10 W/m<sup>2</sup> karena di hari keempat cuaca sangat cerah dan intensitas matahari terendah dijumpai pada hari kelima mencapai 30.60 W/m<sup>2</sup> karena di saat penelitian cuaca matahari mendung. Grafik intensitas matahari dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.12. Grafik waktu terhadap Intensitas matahari setiap harinya.

Pada gambar diatas dapat dilihat naik turunnya intensitas yang terjadi setiap hari perjamnya. Naik turunnya intensitas disebabkan adanya hujan atau awan yang melintas menutupi sinar matahari yang akan sampai ke evaporator.

#### 4.1.3. Data Kecepatan Angin

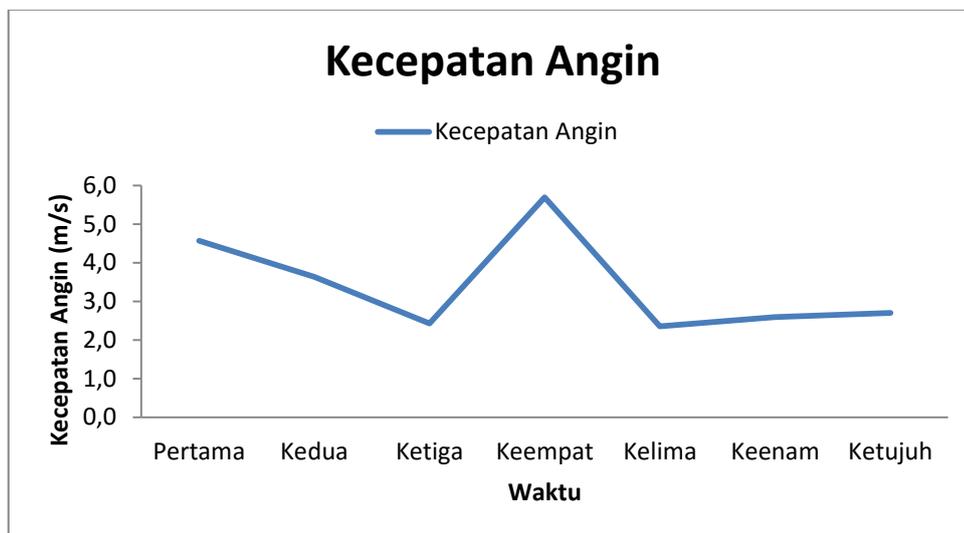
Proses konveksi dari kaca keudara lingkungan sangat tergantung kepada tingginya kecepatan angin yang terhembus pada permukaan kaca karena mempercepat laju perpindahan panas konveksi. Untuk data kecepatan angin hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Table 4.9. Data kecepatan angin setiap hari.

Waktu	Kecepatan Angin (m/s)						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
8.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
9.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
10.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
11.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
12.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
13.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
14.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
15.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70

16.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70
17.00	4,57	3,64	2,43	5,70	2,36	2,60	2,70

Pada tabel di atas dapat dilihat data kecepatan angin setiap harinya, dan dapat dilihat pada gambar berikut grafik data kecepatan angin setiap harinya.



Gambar 4.13. Grafik waktu terhadap kecepatan angin setiap harinya.

Gambar diatas menampilkan grafik kecepatan angin setiap harinya, dan dilihat naik turunnya kecepatan angin pada hari pengujian. Data yang diperoleh dari pengujian akan dilanjutkan pada proses perhitungan guna mengetahui besar kecilnya efisiensi energi dari alat desalinasi.

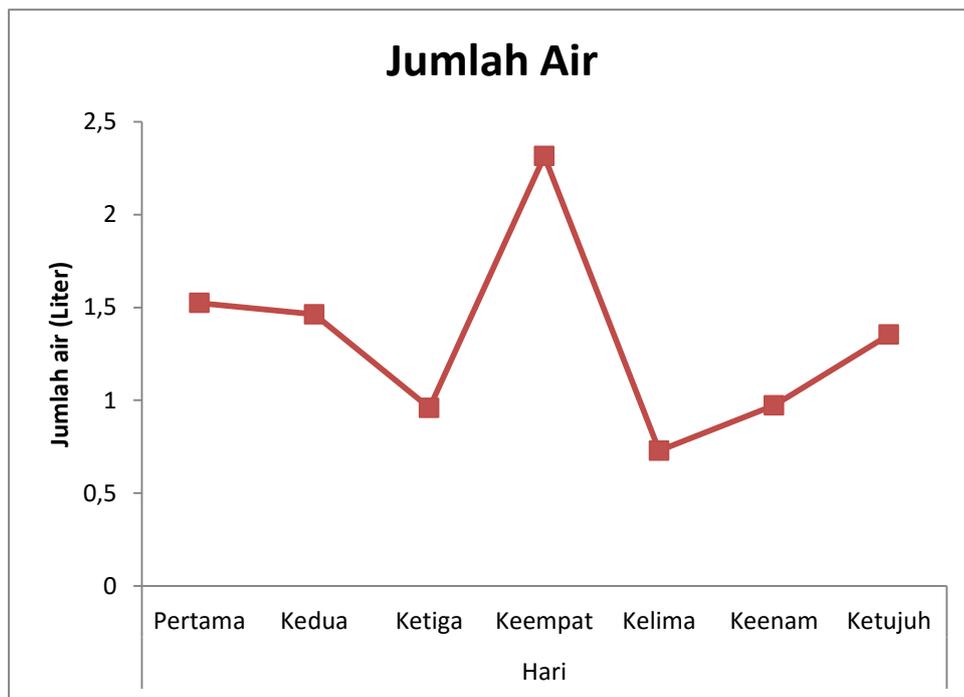
#### 4.1.4. Data Air Bersih Hasil Pengujian

Air bersih pada saat pengujian ditimbang jumlahnya setiap hari agar dapat mengetahui berapa besar jumlah air yang dihasilkan dan dapat dibandingkan dengan jumlah air dari hasil perhitungan data hasil pengujian. Data jumlah air dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10. Data jumlah air hasil pengujian.

Hari						
Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
Liter	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter
1,5236	1,4623	0,9596	2,3143	0,7287	0,9731	1,3535

Data diatas terlihat jelas jumlah air yang dihasilkan pada saat pengujian dilakukan, jumlah air yang dihasilkan hari pertama tidak jauh berbeda dibandingkan hari kedua yaitu 1,4623 Liter, Untuk hari ketiga jumlah air bersih yang dihasilkan menurun hingga mencapai 0,9596 Liter dari hari kedua, Pada hari keempat jumlah air meningkat drastis mencapai 2,3143 Liter jauh dari hari-hari sebelumnya, dan pada hari kelima jumlah air bersih jauh menurun mencapai 0,7287 Liter jauh lebih rendah dari hari sebelumnya, Pada hari keenam jumlah air bersih yang dihasilkan mencapai 0,9731 Liter lebih meningkat dibandingkan dengan hari kelima, Pada hari ketujuh jumlah air bersih yang dihasilkan semakin meningkat mencapai 1.3535 Liter dibandingkan dengan hari keenam, Jumlah air yang dihasilkan bergantung dengan intensitas dan kecepatan angin pada hari pengujian, grafik data air dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.14. Grafik jumlah air bersih yang dihasilkan tiap harinya.

#### 4.2. Pembahasan Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh dari hasil pengujian digunakan untuk mencari total energi dan efisiensi energi dari sistem desalinasi yang digunakan. Oleh karena itu digunakan persamaan-persamaan di dalam mengolah data dan menjawab tujuan penelitian.

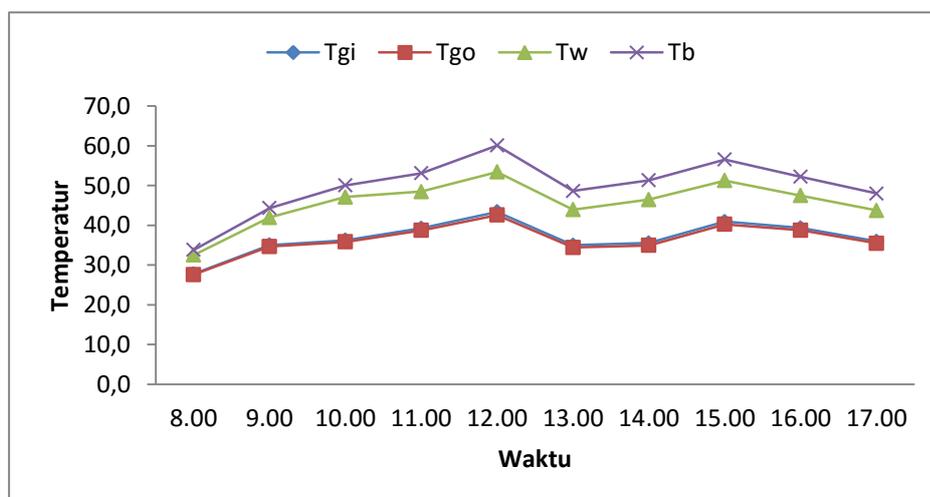
#### 4.2.1. Temperatur Kaca, Air dan Evaporator Hasil Pembahasan

Mendapatkan temperatur kaca dan air setelah melakukan perhitungan koefisien guna mendapatkan total energi dalam evaporator. Dengan menggunakan persamaan (1.37) untuk mencari nilai temperatur kaca luar dan persamaan (1.40) untuk mencari nilai temperatur kaca dalam. Pada tabel berikut akan ditampilkan temperatur kaca yang didapatkan setelah mengolah data hasil pengujian dengan persamaan yang telah ditetapkan.

Tabel 4.11. Data temperatur kaca, Air dan Evaporator hari pertama.

Waktu	$T_{gi}$	$T_{go}$	$T_w$	$T_b$
8.00	27,7335	27,5801	32,5074	33,8113
9.00	34,9964	34,6632	41,9713	44,3141
10.00	36,1997	35,8314	47,0851	50,0345
11.00	39,2421	38,7237	48,4808	53,0879
12.00	43,3600	42,5716	53,3915	60,0905
13.00	34,9854	34,4190	43,9136	48,6208
14.00	35,5238	34,9122	46,4606	51,3258
15.00	40,9219	40,2429	51,2426	56,5594
16.00	39,3226	38,7396	47,4501	52,1871
17.00	35,9457	35,4555	43,7412	48,0026

Pada tabel diatas dapat dilihat kestabilan temperatur kaca baik pada sisi luar dan dalam yang di dapat setelah menghitung keseluruhan koefisien dari dalam evaporator dan pada sisi luar evaporator, berikut grafik ditampilkan pada gambar di bawah ini.



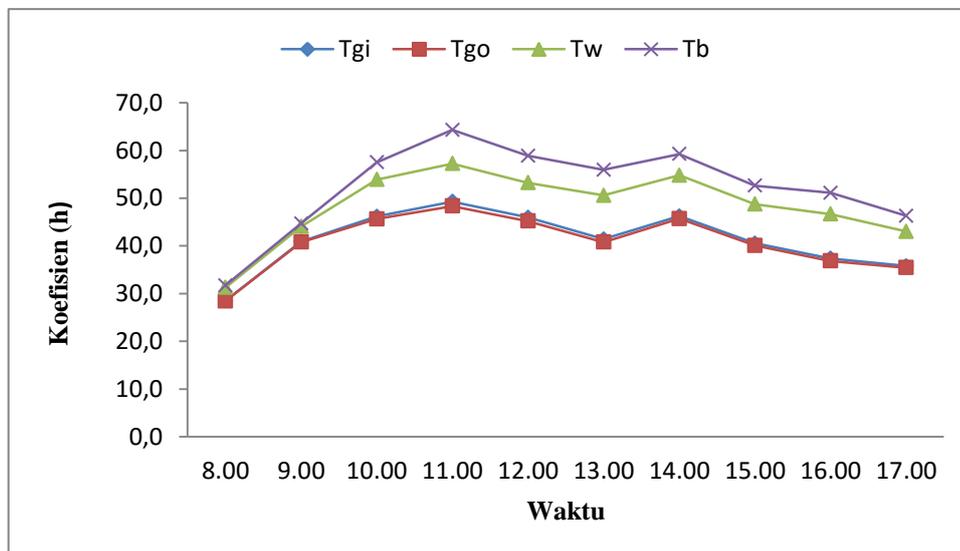
Gambar 4.15. Grafik waktu terhadap temperatur kaca, Air dan evaporator hari pertama.

Pada grafik diatas dapat dilihat teratur kenaikan temperatur yang terjadi pada hari pertama. Untuk melihat hasil pengujian hari kedua akan ditampilkan pada tabel berikut.

Tabel 4.12. Data temperatur kaca, Air dan Evaporator hari kedua.

Waktu	$T_{gi}$	$T_{go}$	$T_w$	$T_b$
8.00	28,5137	28,4293	31,2961	31,7056
9.00	40,9201	40,7730	44,0505	44,6995
10.00	46,1585	45,6452	53,9093	57,5288
11.00	49,2715	48,3460	57,2448	64,3168
12.00	45,9709	45,2086	53,2387	58,9028
13.00	41,4329	40,7706	50,5883	55,9504
14.00	46,2265	45,6939	54,8029	59,2713
15.00	40,5657	40,0877	48,7491	52,6289
16.00	37,3603	36,8315	46,6825	51,1370
17.00	35,8043	35,4227	43,0360	46,2999

Tabel diatas menunjukkan bahwa temperatur kaca sisi luar dan dalam dalam kondisi stabil dan baik. Gambar berikut menampilkan ke stabilan temperatur kaca luar dan dalam serta air dan evaporator.



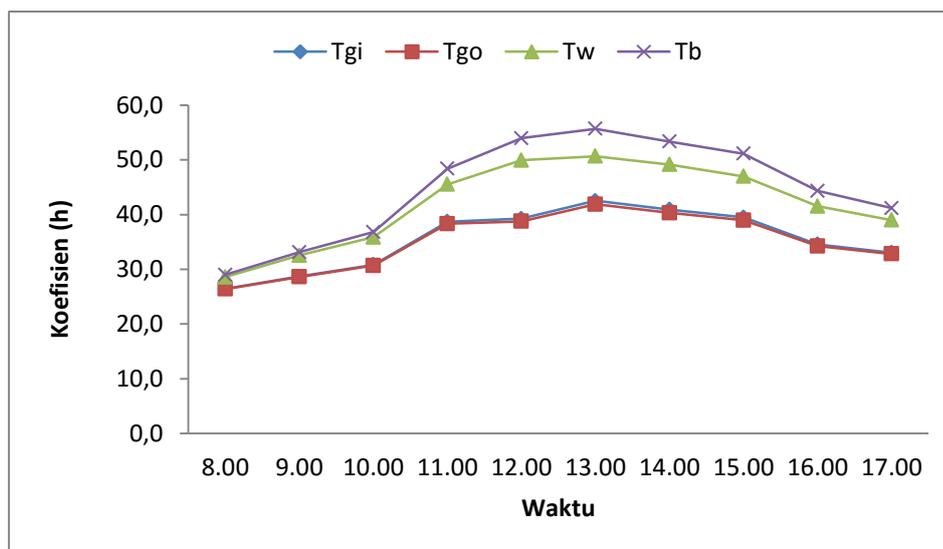
Gambar 4.16. Grafik waktu terhadap temperatur kaca, Air dan evaporator hari kedua.

Pada gambar diatas dapat dilihat keseragaman temperatur baik pada temperatur kaca maupun temperatur evaporator, pada hari keempat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.13. Data temperatur kaca, Air dan Evaporator ketiga.

Waktu	$T_{gi}$	$T_{go}$	$T_w$	$T_b$
8.00	26,4386	26,3854	28,5825	28,9791
9.00	28,7090	28,6006	32,5534	33,1287
10.00	30,8452	30,6925	35,8738	36,8083
11.00	38,7235	38,3427	45,5429	48,4067
12.00	39,2654	38,7740	49,9583	53,9904
13.00	42,5441	41,8886	50,6817	55,6946
14.00	40,9215	40,3211	49,1722	53,3836
15.00	39,5071	38,9726	47,0067	51,1538
16.00	34,5671	34,2356	41,5596	44,3456
17.00	33,0583	32,8056	39,0020	41,1839

Pada hari ketiga menunjukkan temperatur kaca lebih rendah dibandingkan dengan temperatur hari kedua, berikut ditampilkan pada gambar.



Gambar 4.17. Grafik waktu terhadap temperatur kaca, Air dan evaporator hari ketiga.

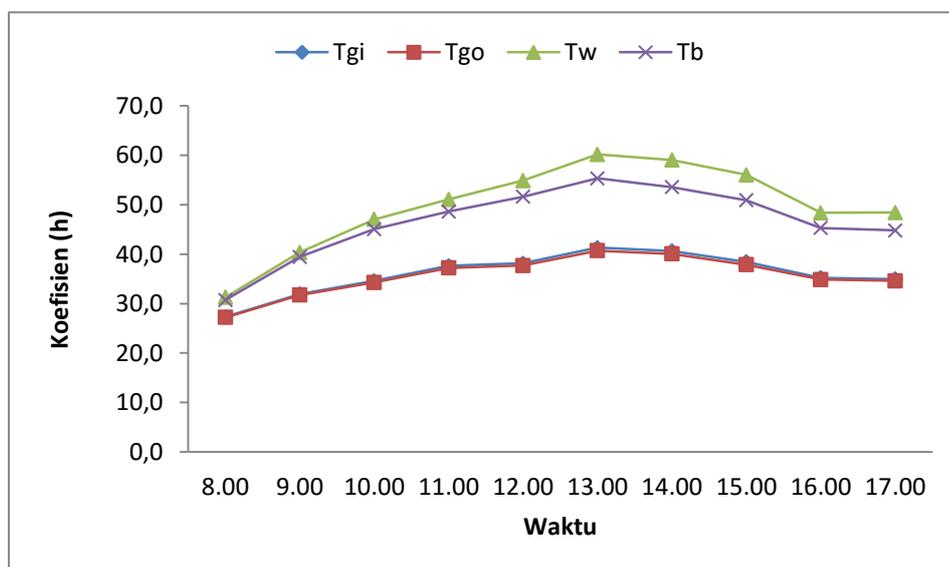
Pada gambar di atas dapat dilihat temperatur kaca lebih rendah dibandingkan dengan temperatur hari kedua.

Tabel 4.14. Data temperatur kaca, Air dan Evaporator keempat.

waktu	$T_{gi}$	$T_{go}$	$T_w$	$T_b$
8.00	27,2937	27,2146	31,2666	30,7340
9.00	31,9232	31,7221	40,3390	39,4337
10.00	34,6065	34,2791	47,0282	45,0769

11.00	37,6243	37,2346	51,0626	48,6296
12.00	38,1677	37,6995	54,8813	51,6127
13.00	41,3310	40,7224	60,1830	55,3317
14.00	40,6505	40,0513	59,0360	53,5667
15.00	38,4330	37,8686	56,0384	50,9133
16.00	35,2149	34,8598	48,3620	45,3021
17.00	34,9550	34,6107	48,4131	44,8242

Pada tabel diatas dapat dilihat pada pagi hari temperatur kaca lebih tinggi dibandingkan hari ketiga.



Gambar 4.18. Grafik waktu terhadap temperatur kaca, Air dan evaporator hari keempat.

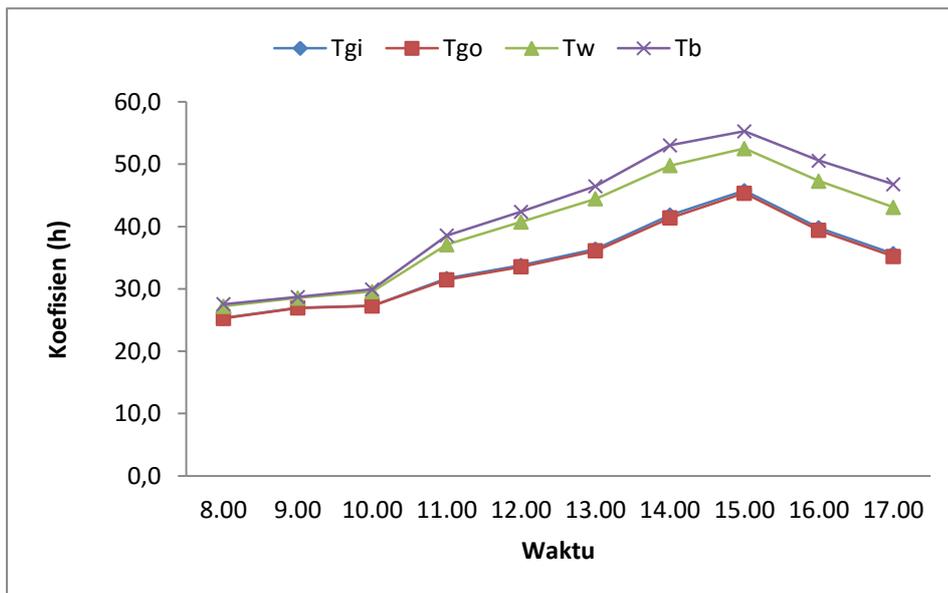
Pada hari keempat temperatur kaca, air dan evaporator mengalami kenaikan dengan baik, pada hari kelima dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.15. Data temperatur kaca, Air dan Evaporator kelima.

waktu	$T_{gi}$	$T_{go}$	$T_w$	$T_b$
8.00	25,3101	25,2767	27,2027	27,5449
9.00	26,9602	26,9340	28,5405	28,7046
10.00	27,3020	27,2539	29,5591	29,9269
11.00	31,6653	31,4555	37,1033	38,5565
12.00	33,7695	33,5380	40,7460	42,3853
13.00	36,3905	36,1121	44,4635	46,4857

14.00	41,8263	41,3825	49,7894	53,0265
15.00	45,7656	45,3449	52,5298	55,2905
16.00	39,7796	39,3755	47,2831	50,5697
17.00	35,6466	35,2000	43,0938	46,7713

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa temperatur pada hari kelima lebih rendah dibandingkan dengan hari-hari sebelumnya, berikut ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.19. Grafik waktu terhadap temperatur kaca, Air dan evaporator hari kelima.

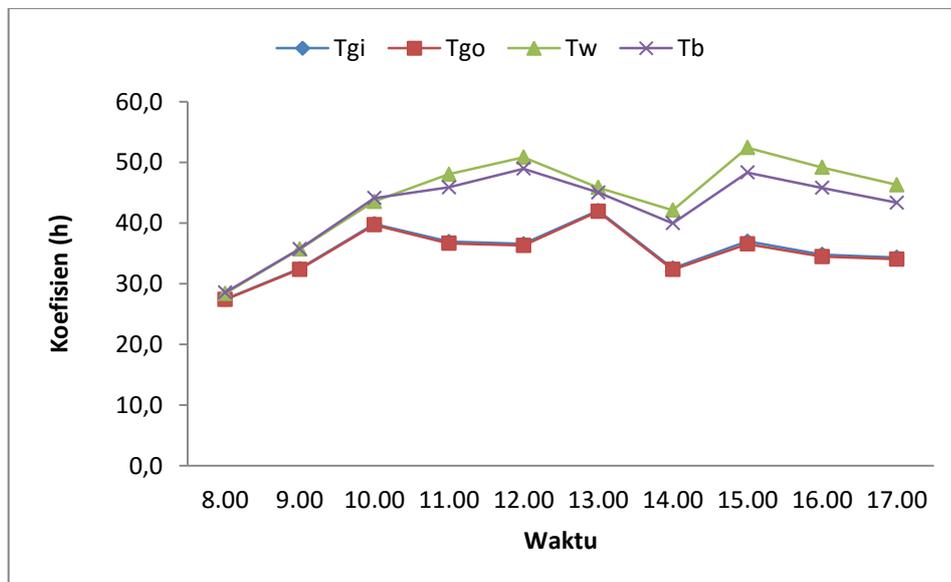
Gambar diatas menunjukkan penurunan temperatur kaca dan evaporator pada hari kelima.

Tabel 4.16. Data temperatur kaca, Air dan Evaporator keenam.

Waktu	$T_{gi}$	$T_{go}$	$T_w$	$T_b$
8.00	27,4341	27,4076	28,4059	28,5496
9.00	32,4669	32,3681	35,7004	35,7257
10.00	39,8711	39,7048	43,5678	44,1340
11.00	36,9344	36,6541	48,0382	45,9014
12.00	36,5850	36,3104	50,8541	48,9696
13.00	42,0565	41,9242	45,8774	45,0633

14.00	32,5507	32,3376	42,1329	39,9841
15.00	36,9991	36,5634	52,4483	48,3327
16.00	34,8225	34,4605	49,1712	45,8097
17.00	34,3473	34,0551	46,3140	43,3570

Pada tabel diatas tinggi temperatur tidak jauh dengan hari kelima dengan intensitas matahari juga tidak terlalu jauh beda dengan hari sebelumnya, grafik ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 4.20. Grafik waktu terhadap temperatur kaca, Air dan evaporator hari keenam.

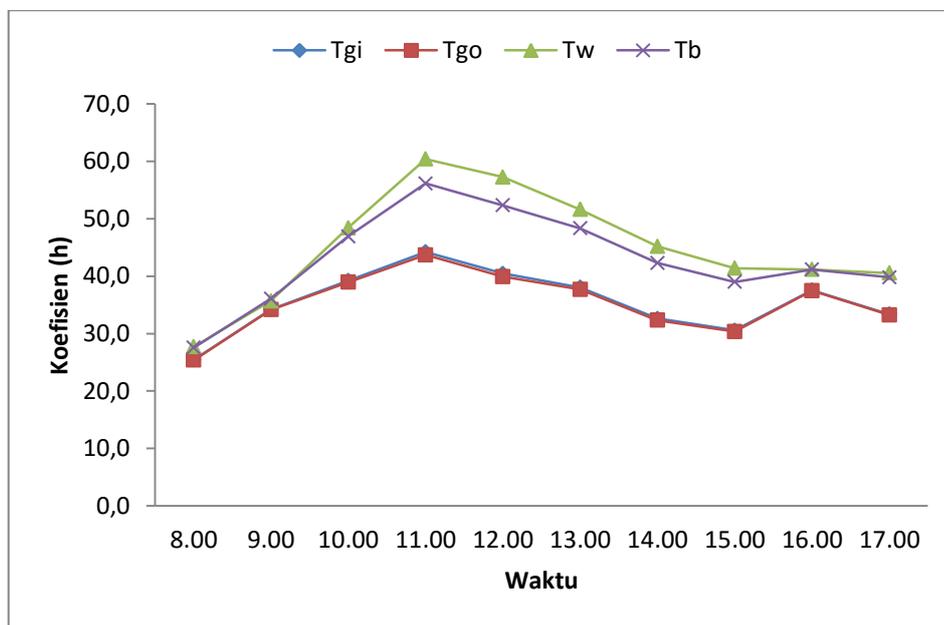
Grafik diatas terlihat beberapa kali temperatur mengalami kenaikan dan penurunan tetapi kembali stabil, data temperatur hari ketujuh dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.17. Data temperatur kaca, Air dan Evaporator ketujuh.

Waktu	T <sub>gi</sub>	T <sub>go</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>b</sub>
8.00	25,4293	25,3859	27,7040	27,5320
9.00	34,2161	34,1582	35,6899	36,0671
10.00	39,2187	38,9397	48,4299	46,9139
11.00	44,2231	43,7012	60,3954	56,1590
12.00	40,4745	39,9226	57,2600	52,3434

13.00	38,0649	37,6885	51,6122	48,3390
14.00	32,6174	32,3163	45,2008	42,2916
15.00	30,5843	30,3491	41,3877	38,9851
16.00	37,5583	37,4656	41,1789	41,1608
17.00	33,3885	33,2527	40,5559	39,7989

Pada hari ketujuh tidak jauh berbeda intensitas matahari dibanding dengan hari keenam, hal ini mempengaruhi terhadap pengembunan pada kaca permukaan kaca sisi dalam, berikut ditampilkan pada grafik.



Gambar 4.21. Grafik waktu terhadap temperatur kaca, Air dan evaporator hari ketujuh.

Grafik diatas menggambarkan terjadinya kenaikan temperatur yang bertahap pada temperatur air dengan nilai tertinggi 60.39 °C pada jam 11.00 dan bertahap turun menjelang sore hari dikarenakan intensitas matahari mulai menurun.

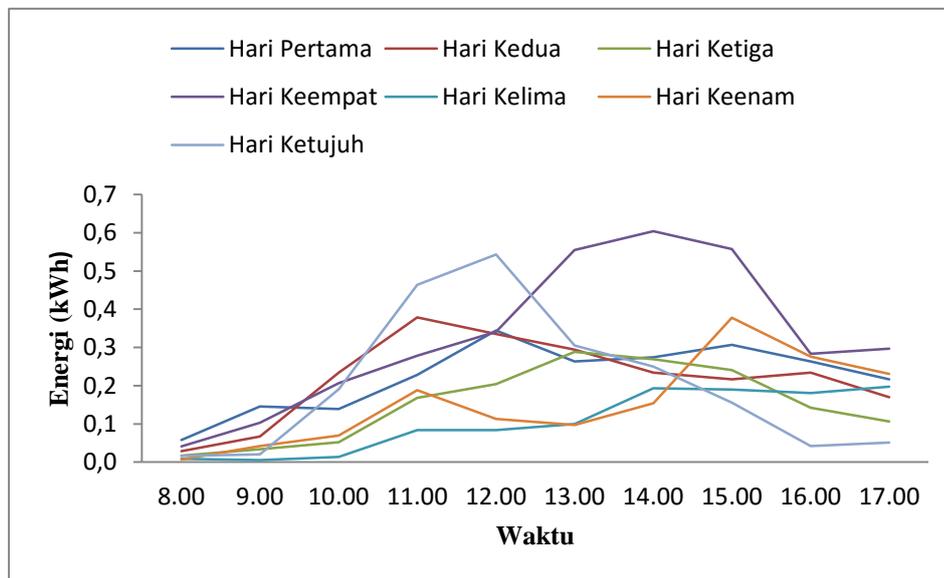
#### 4.2.2. Hasil energi yang di terima evaporator

Pada saat pengujian berlangsung energi panas yang di terima oleh air tidak seluruhnya dimanfaatkan untuk menaikkan temperatur air agar segera menjadi uap, energi yang diterima ada yang kembali memantul ke kaca, dengan menggunakan persamaan (1.34) maka dapat di cari besar energi yang serap air per jamnya. Energi yang serap dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 4.18. Hasil Energi Yang Diterima Evaporator.

Waktu	Hari						
	Pertama kWh	Kedua kWh	Ketiga kWh	Keempat kWh	Kelima kWh	Keenam kWh	Ketujuh kWh
8.00	0,058	0,029	0,017	0,041	0,009	0,007	0,016
9.00	0,146	0,067	0,034	0,103	0,005	0,042	0,020
10.00	0,139	0,234	0,052	0,207	0,014	0,070	0,191
11.00	0,228	0,379	0,168	0,278	0,084	0,188	0,464
12.00	0,344	0,335	0,204	0,341	0,084	0,113	0,543
13.00	0,263	0,294	0,288	0,555	0,100	0,097	0,305
14.00	0,274	0,234	0,269	0,604	0,193	0,154	0,250
15.00	0,307	0,217	0,241	0,557	0,190	0,378	0,156
16.00	0,263	0,234	0,142	0,283	0,181	0,276	0,042
17.00	0,217	0,170	0,106	0,297	0,197	0,231	0,051
Total	2,239	2,193	1,520	3,266	1,059	1,555	2,038

Energi yang diserap dihitung dari besar energi panas yang kembali kepermukaan kaca bagian dalam dan juga energi yang diserap oleh air pada evaporator berbanding dengan luas permukaan kaca dan luas keseluruhan basin. Untuk melihat grafik tinggi rendahnya energi yang diserap air setiap harinya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.22. Grafik waktu terhadap energi yang diterima evaporator

Dari gambar diatas dapat dilihat kenaikan temperatur energi tertinggi pada hari keempat, menyusul selanjutnya hari pertama dan hari-hari lainnya. Data yang didapatkan yaitu koefisien perpindahan panas sisi luar evaporator juga temperatur

kaca sisi luar dan dalam juga temperatur air dan basin digunakan untuk mendapatkan tujuan dari penelitian seperti yang disebutkan pada bab pertama sebelumnya. Setelah mendapatkan besar energi maka dapat diketahui besar efisiensi dari alat desalinasi yang digunakan serta jumlah air bersih yang dihasilkan pada proses desalinasi air laut yang dilakukan.

#### 4.2.3. Jumlah air hasil pembahasan

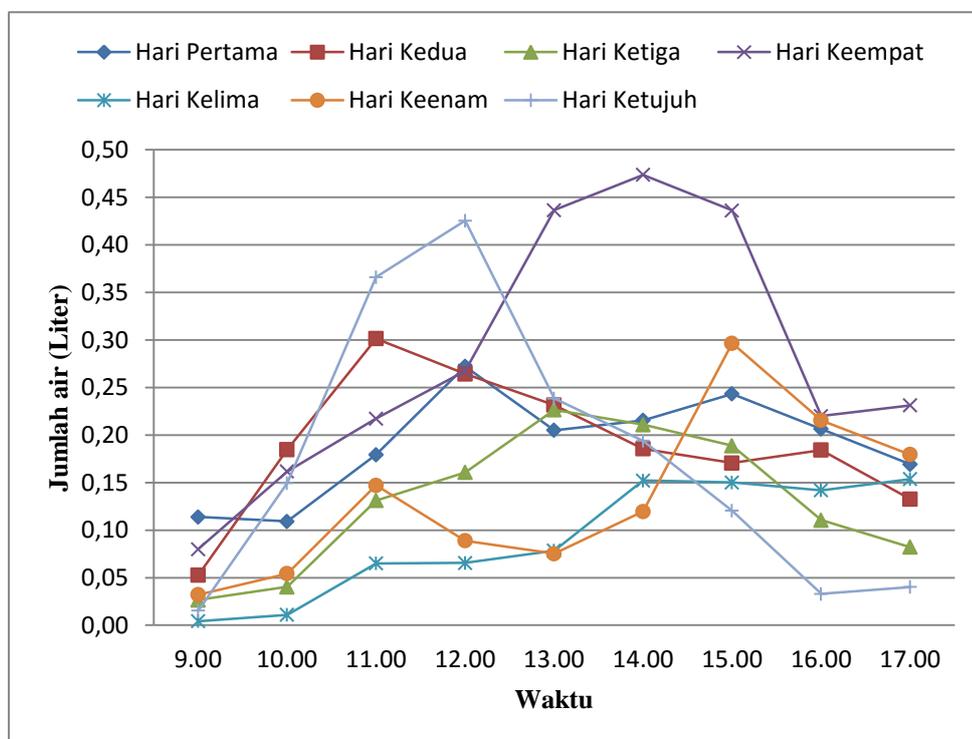
Tujuan akhir dari penelitian ini ialah mendapatkan alat desalinasi yang baik dengan mengetahui besar efisiensi energi alat desalinasi yang digunakan, yang akan dibandingkan dengan hasil air bersih yang dihasilkan pada saat penelitian. Untuk itu dapat digunakan persamaan (1.44) untuk mencari air bersih yang dihasilkan, jumlah air bersih yang dihasilkan dari pembahasan dapat di lihat pada tabel berikut.

Tabel 4.19 Jumlah air hasil pembahasan.

Waktu	Hari						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter	Liter
9.00	0,1139	0,0526	0,0266	0,0799	0,0042	0,0322	0,0153
10.00	0,1092	0,1847	0,0403	0,1617	0,0109	0,0543	0,1494
11.00	0,1794	0,3014	0,1312	0,2173	0,0650	0,1472	0,3660
12.00	0,2722	0,2644	0,1608	0,2675	0,0655	0,0889	0,4255
13.00	0,2050	0,2315	0,2265	0,4366	0,0785	0,0752	0,2384
14.00	0,2154	0,1856	0,2109	0,4737	0,1521	0,1196	0,1940
15.00	0,2433	0,1707	0,1888	0,4362	0,1501	0,2966	0,1204
16.00	0,2064	0,1843	0,1106	0,2200	0,1420	0,2155	0,0330
17.00	0,1696	0,1327	0,0822	0,2313	0,1536	0,1795	0,0401
Total	1,7594	1,7300	1,1906	2,5554	0,8288	1,2142	1,5946

Pada tabel diatas dapat dilihat jumlah air bersih yang dihasilkan, pada hari pertama pengujian jumlah keseluruhan air bersih 1.7594 Liter dan pada hari kedua jumlah air bersih yang dihasilkan 1.7300 Liter lebih sedikit dibandingkan dengan hari pertama, pada hari ketiga didapat jumlah air bersih 1.1906 Liter lebih sedikit

jumlah air pada hari pertama dan kedua, dan jumlah air pada hari keempat 2.5554 Liter jauh lebih besar dengan hari-hari sebelumnya, untuk hari kelima jumlah air yang dihasilkan 0.8288 Liter lebih sedikit dari hasil air pada hari sebelumnya, dan pada hari keenam 1.2142 Liter lebih besar dibandingkan dari hasil air hari kelima, untuk hari ketujuh 1.5946 Liter juga lebih besar dibandingkan dari hasil air hari keenam. Jika dilihat dari tabel diatas maka data dilihat jumlah air bersih yang paling banyak terdapat pada hari keempat, dikarenakan pada hari keempat intensitas matahari lebih tinggi dibandingkan hari-hari lainnya, berikut grafik ditampilkan pada gambar.



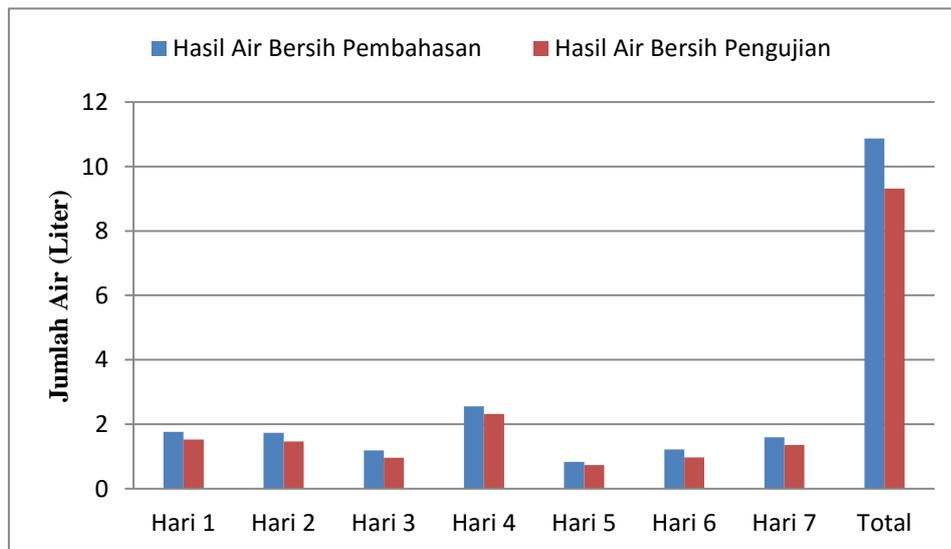
Gambar 4.23. Grafik waktu terhadap jumlah air yang dihasilkan.

Dari grafik diatas maka dapat dilihat perbedaan jumlah air yang dihasilkan pada saat penelitian dilakukan. Jumlah air terbanyak masih terlihat pada hari keempat dikarenakan pada hari keempat intensitas matahari lebih tinggi dibandingkan hari-hari lainnya. Jumlah air bersih dari hasil pembahasan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah air pada saat pengujian, untuk melihat perbandingannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.20 Perbandingan jumlah air pengujian dengan pembahasan.

Waktu	Hasil Air Bersih	
	Pembahasan	Pengujian
Hari 1	1,7594	1,5236
Hari 2	1,7300	1,4623
Hari 3	1,1906	0,9596
Hari 4	2,5554	2,3143
Hari 5	0,8288	0,7287
Hari 6	1,2142	0,9731
Hari 7	1,5946	1,3535
Total	10,8730	9,3151

Pada tabel diatas jelas perbedaan jumlah air bersih yang dihasilkan pada saat pengujian dengan hasil pembahasan, perbandingan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4.24. Perbandingan jumlah air hasil pengujian dengan hasil pembahasan.

Pada gambar diatas jumlah air pada hari pertama pengujian mencapai 1,5236 Liter dan hasil pembahasan 1,7594 Liter, pada hari kedua jumlah air hasil pengujian 1,4623 Liter dan hasil pembahasan 1,7300 Liter, pada hari ketiga jumlah air bersih hasil pengujian 0,9596 Liter dan jumlah air hasil pembahasan 1,1906 Liter, pada hari keempat jumlah air hasil pengujian 2,3143 Liter dan hasil pembahasan 2,5554 Liter jauh lebih tinggi dari hari sebelumnya. Pada hari kelima

jumlah air hasil pengujian 0,7287 Liter dan hasil pembahasan 0,8288 Liter lebih rendah dari hari sebelumnya, pada hari keenam jumlah air hasil pengujian 0,9731 Liter dan hasil pembahasan 1,2142 Liter, pada hari ketujuh jumlah air hasil pengujian 1,3535 Liter dan hasil pembahasan 1,5946 Liter dapat dilihat jumlah air bersih hasil pembahasan lebih banyak dibandingkan dengan jumlah air hasil pengujian.

#### 4.2.4. Pembahasan Efisiensi Energi

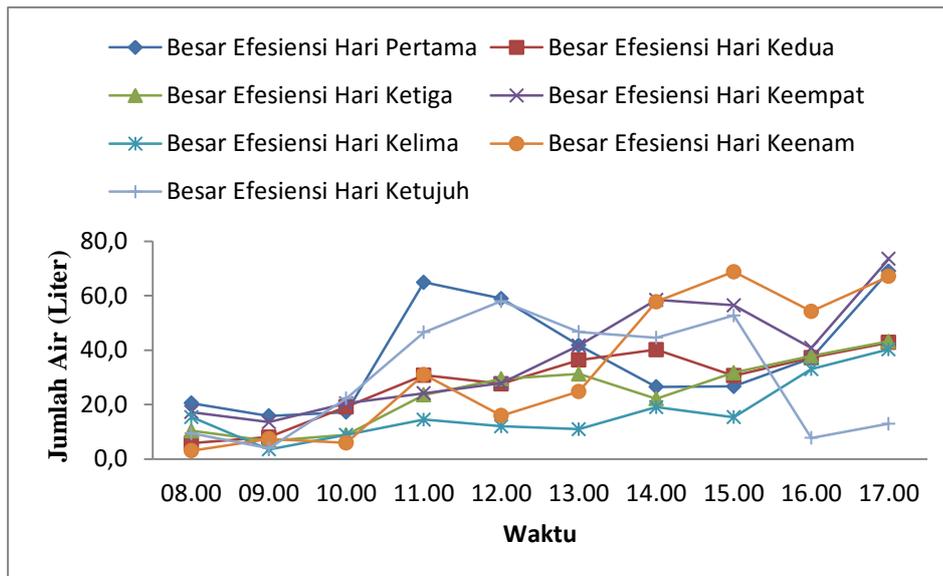
Setelah mendapatkan jumlah air maka tinggal mencari berapa besar efisiensi energi alat desalinasi yang digunakan pada saat penelitian dengan persamaan (1.33). Pada tabel berikut akan ditampilkan hasil efisiensi dari alat desalinasi matahari *system passive single slope*.

Tabel 4.21. Efisiensi Energi.

Waktu	Besarnya Efisiensi Hari						
	Pertama	Kedua	Ketiga	Keempat	Kelima	Keenam	Ketujuh
8.00	20,5095	5,7811	10,3671	17,2463	15,3952	3,0341	9,4480
9.00	15,8352	8,0183	6,6788	13,5386	3,4688	7,3491	3,9740
10.00	17,2154	19,1811	8,8480	20,4327	8,8124	5,8930	22,2714
11.00	64,8966	30,7701	23,5648	24,1516	14,4420	31,0270	46,5811
12.00	58,9662	27,5842	29,4211	27,8234	11,9781	15,9446	57,9931
13.00	41,7647	36,3387	31,2257	41,6621	10,9287	24,7993	46,6497
14.00	26,5123	40,1605	22,1355	58,4884	19,0288	57,7917	44,5822
15.00	26,6969	30,5898	31,7202	56,4981	15,3752	68,7802	52,7297
16.00	37,0617	37,2528	37,8261	40,8251	32,9978	54,2464	7,6987
17.00	68,9816	42,7890	43,1992	73,5739	40,3054	67,0889	12,9518

Pada tabel diatas hari pertama efisiensi yang tertinggi ditunjukkan pada jam 17.00 wib yaitu hingga 68,9816 % , untuk hari kedua nilai tertinggi pada jam 17.00 wib lebih rendah dari hari pertama efisiensi tertinggi yaitu 42,7890 % pada sore hari, untuk hari ketiga efisiensi tertinggi terlihat pada jam 17.00 wib yaitu 43,1992 %. Begitu juga pada hari keempat terlihat pada jam 17.00 wib yaitu 73,5739 %, untuk hari kelima terlihat pada 17.00 wib yaitu 40,3054 %, pada hari

keenam efisiensi tertinggi 68,7802 % pada jam 15.00 wib , dihari ketujuh efisiensi tertinggi pada jam 12.00 wib mencapai 57,9931 %. Jika diperhatikan dari hari pertama hingga hari terakhir pengujian, efisiensi tertinggi selalu terdapat pada sore hari, hal ini dapat disebabkan tingginya temperatur air saat pengujian disaat intensitas matahari mulai menurun. Berikut ditampilkan grafik perbandingan efisiensi perharinya.



Gambar 4.25. Grafik waktu terhadap efisiensi energi.

Pada gambar diatas terdapat naik turunnya besar efisiensi yang terjadi pada alat desalinasi yang digunakan tapi tidak menunjukkan penurunan hingga mencapai sore hari, ini sebabkan panas yang masih tersimpan didalam evaporator masih tinggi tetapi intensitas matahari dan temperatur lingkungan mulai menurun, menyebabkan alat desalinasi diuntungkan dengan intensitas matahari yang sedikit tetapi temperatur dalam dan hasil air bersih masih terus dihasilkan. Maka setelah melakukan pengujian dan membahas hasil pengujian dapat disimpulkan dan menjawab tujuan dari penelitian ini pada bab selanjutnya.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil data dari pembahasan yang di dapat dari pengujian maka dapat disimpulkan tujuan-tujuan pada bab sebelumnya.

1. Energi yang diserap evaporator perharinya pada hari pertama hingga mencapai 0.344 kWh, pada hari kedua yang diserap lebih tinggi dari hari pertama 0.379 kWh, untuk hari ketiga besar energi yang diserap 0.288 kWh lebih rendah dibanding hari kedua, untuk hari keempat besar energi yang diserap 0.604 kWh jauh lebih tinggi dibanding hari-hari sebelumnya, untuk hari kelima energi yang diserap mencapai 0.197 kWh lebih rendah dari hari sebelumnya, untuk hari keenam energi yang diserap 0.378 kWh lebih tinggi dari hari kelima, untuk hari ketujuh energi yang diserap mencapai 0.543 kWh. Energi yang diserap tertinggi pada hari keempat mencapai 0.604 kWh dan terendah pada hari kelima 0.197 kWh.
2. Jumlah air laut yang masuk pada saat pengujian sebanyak 25 Liter dan jumlah air tawar yang dihasilkan selama pengujian sebanyak 9.3151 Liter. Pada saat pengujian dihasilkan dalam pengujian lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah air yang diperoleh dari pembahasan, pada hari pertama jumlah air yang dihasilkan dari pengujian 1.5236 Liter sedangkan hasil air dari pembahasan 1.7594 Liter dan hasil dari pengujian hari kedua 1.4623 Liter sedangkan hasil air dari pembahasan 1.7300 Liter. pada hari ketiga jumlah air yang dihasilkan dari pengujian 0.9596 Liter, sedangkan hasil air dari pembahasan 1.1906 Liter. pada hari keempat jumlah air yang dihasilkan dari pengujian 2.3143 Liter, sedangkan hasil air dari pembahasan 2.5554 Liter. pada hari kelima jumlah air yang dihasilkan dari pengujian 0.7287 Liter, sedangkan hasil air dari pembahasan 0.8288 Liter. pada hari keenam jumlah air yang dihasilkan dari pengujian 0.9731 Liter, sedangkan hasil air dari pembahasan 1.2142 Liter pada hari ketujuh jumlah air yang dihasilkan dari pengujian 1.3535 Liter, sedangkan jumlah air dari pembahasan 1.5946 Liter.

3. Efisiensi energi yang diperoleh dari hasil pembahasan dari data hasil pengujian tertinggi pada hari keempat hingga mencapai 73.5739 %, menyusul nilai tertinggi setelahnya pada hari pertama hingga mencapai 68.9816 %, dan lanjut dihari keenam mencapai 68.7802 %, lalu pada hari ketujuh mencapai 57.9931 %, lalu pada hari ketiga mencapai 43.1992 %, dan menyusul pada hari kedua mencapai 42.7890 %, dan nilai terendah pada hari kelima mencapai 40.3054 %.

## 5.2. Saran

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis sadar bahwa ada ketidak sempurnaan baik dalam materi maupun cara penyajiannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar dikemudian hari penulis dapat menghasilkan karya yang lebih baik lagi.

Pada akhir pembuatan tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan beberapa saran kepada pembaca pada umumnya, yaitu :

1. Pastikan saat melakukan penelitian, agar memperhatikan kondisi cuaca cerah atau tidak hujan untuk mendapatkan hasil yang baik.
2. Pastikan evaporator tidak ada yang bocor, agar uap panas pada evaporator tidak terbuang sia-sia.
3. Gunakan bahan-bahan yang tidak mudah korosi agar air hasil desalinasi tetap terjaga kebersihannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hamdani (2019) 'ANALISIS EKSERGI MODUL PV BERDASARKAN SPEKTRUM PANJANG GELOMBANG CAHAYA MATAHARI'.
- Jamil (2017) 'Effect of specific height on the performance of a single slope solar still: An experimental study'.
- Januardi, Y. (2016) 'SISTEM DESALINASI AIR LAUT MENGGUNAKAN PRINSIP CAPACITIVE DEIONIZATION (CDI) BERBASIS KARBON AKTIF SEA WATER DESALINATION SYSTEM USING CARBON BASED CAPACITIVE DEIONIZATION (CDI)'.
- Kaviti, A. K. (2016) 'Inclined solar still designs: A review'.
- Manan, S. (2009) 'Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Effisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia', *Gema Teknologi*, pp. 31–35. Available at: <http://eprints.undip.ac.id/1722>.
- Sharshir, S. W. *et al.* (2017) 'Thermal performance and exergy analysis of solar stills – A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 73(January), pp. 521–544. doi: 10.1016/j.rser.2017.01.156.
- Siregar, C. A. (2018) 'Pengaruh Jarak Kaca Terhadap Efisiensi Alat Destilasi Air Laut yang Memanfaatkan Energi Matahari di Kota Medan'.
- Siregar, C. A. (2019) 'Studi Eksperimental Pengaruh Kemiringan Sudut Terhadap Alat Destilasi Air Laut Memanfaatkan Energi Matahari'.
- Somanchi, N. S. *et al.* (2015) 'Modelling and Analysis of Single Slope Solar Still at Different Water Depth', *Aquatic Procedia*. Elsevier B.V., 4(Icwrcoe), pp. 1477–1482. doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.191.
- Somanchi, N. S. (2015) 'Performance of Solar Still with Different Phase Change Materials'.
- Tiwari, G. N. (2017) 'Review on the energy and economic efficiencies of passive and active solar distillation systems'.

# LAMPIRAN

Lampiran Hari Pertama

Waktu	T. Luar Kaca	T. Air	T. Basin	T. Dalam Kaca	Temperatur Lingkungan	Intensitas angin	Kecepatan angin	L	P <sub>w</sub>	P <sub>g</sub>	$h_{e,w-g}$	$h_{e,w-g}$
8.00	34,88	33,67	35,14	29,78	26,02	146,90	4,35	2410567,8596	5132,0952	4137,1685	1,5163	6,3110
9.00	44,13	43,91	45,57	39,89	31,22	476,90	4,42	2386255,7965	8824,2799	7163,2386	1,6103	10,8272
10.00	43,27	49,67	51,71	49,38	32,05	418,10	4,33	2372071,4603	11790,1054	11622,2328	0,7019	6,6123
11.00	46,30	52,94	53,22	51,55	33,43	181,90	4,45	2368600,1441	13834,9631	12930,7314	1,2070	12,7774
12.00	49,13	59,86	59,48	58,53	34,64	301,90	4,63	2354288,8592	19207,4864	18052,8484	1,2561	17,7461
13.00	33,15	48,43	44,76	41,49	30,25	325,60	4,85	2388134,7419	11086,8563	7788,1536	1,9691	15,2309
14.00	43,19	50,86	53,45	48,78	28,77	534,40	4,81	2368072,0277	12501,3709	11281,5345	1,3574	12,9547
15.00	46,50	56,02	60,05	54,46	33,51	595,60	4,71	2352992,5253	16037,6130	14886,5164	1,2831	15,4067
16.00	40,30	51,90	51,83	47,30	33,34	366,90	4,60	2371795,3359	13153,4076	10478,2420	1,7679	16,7308
17.00	38,55	47,93	44,78	42,01	30,74	163,10	4,52	2388088,3279	10813,8456	8001,3029	1,8668	14,4325

$h_{R,w-g}$	$h_{T,w-g}$	$U_{T,g-a}$	$h_{C,g-a}$	$h_{R,g-a}$	$h_{T,g-a}$	$T_{g}$	$U_i$	$h_b$	$h_{R,b-a}$	U <sub>b</sub>	U <sub>ls</sub>
5,7483	13,5756	51,1074	15,8500	9,7037	25,5537	27,7335	10,7264	1,7927	22,2300	1,7612	12,4876
6,3436	18,7811	50,3276	16,0600	9,1038	25,1638	34,9964	13,6771	1,7945	22,4960	1,7628	15,4399
6,8154	14,1296	50,6519	15,7900	9,5360	25,3260	36,1997	11,0478	1,7922	22,1540	1,7607	12,8085
6,9893	20,9737	50,9172	16,1500	9,3086	25,4586	39,2421	14,8548	1,7952	22,6100	1,7635	16,6183
7,4470	26,4492	51,6916	16,6900	9,1558	25,8458	43,3600	17,4966	1,7994	23,2940	1,7676	19,2642
6,5308	23,7309	70,6429	17,3500	17,9715	35,3215	34,9854	17,7636	1,8042	24,1300	1,7722	19,5358
6,8342	21,1563	51,7762	17,2300	8,6581	25,8881	35,5238	15,0142	1,8033	23,9780	1,7714	16,7856
7,1842	23,8739	52,4479	16,9300	9,2939	26,2239	40,9219	16,4060	1,8012	23,5980	1,7693	18,1753
6,8205	25,3191	56,1425	16,6000	11,4713	28,0713	39,3226	17,4497	1,7987	23,1800	1,7669	19,2166
6,5312	22,8305	54,0479	16,3600	10,6640	27,0240	36,9457	16,0506	1,7968	22,8760	1,7651	17,8157

$\alpha$	$-e\Delta T$	$\text{EXP}^{-e\Delta T}$	$f(t)$	$T_w$	$T_b$	Energi	$M_{sw}$	Efisiensi energi
0,0001	-0,2147	0,8069	0,0016	32,5074	33,8113	0,058	0,0000	20,5095
0,0001	-0,2653	0,7670	0,0026	41,9713	44,3141	0,146	0,1139	15,8352
0,0001	-0,2201	0,8024	0,0022	47,0851	50,0345	0,139	0,1092	17,2154
0,0001	-0,2856	0,7516	0,0028	48,4808	53,0879	0,228	0,1794	64,8966
0,0001	-0,3310	0,7182	0,0034	53,3915	60,0905	0,344	0,2722	58,9662
0,0001	-0,3357	0,7148	0,0030	43,9136	48,6208	0,263	0,2050	41,7647
0,0001	-0,2884	0,7494	0,0027	46,4606	51,3258	0,274	0,2154	26,5123
0,0001	-0,3123	0,7317	0,0033	51,2426	56,5594	0,307	0,2433	26,6969
0,0001	-0,3302	0,7188	0,0033	47,4501	52,1871	0,263	0,2064	37,0617
0,0001	-0,3061	0,7363	0,0027	43,7412	48,0026	0,217	0,1696	68,9816

$e_w$	$e_b$	$\sigma$	$\epsilon_{eff}$	$ag$	$Rg$	$a'g$	$a'w$	$a'b$	$As$	$Lg$	$Lins$	$Kins$	$Ab$
0,9500	0,9400	0,0000	0,89569	0,0500	0,0500	0,0475	0,0500	0,0800	1,0000	0,0030	0,0200	0,0390	1,9320

Lampiran Hari kedua

Waktu	T.Luar Kaca	T.Air	T.Basin	T.Dalam Kaca	Temperatur Lingkungan	Intensitas angin	Kecepatan angin	L	Pw	Pgi	$h_{c,w,g}$	$h_{e,w,g}$
8.00	31,07	31,45	34,56	28,28	27,64	256,90	3,09	2411926,5391	4541,2517	3801,6164	1,4058	5,3377
9.00	43,31	44,31	47,07	40,17	39,51	434,40	3,63	2382780,8186	9006,6994	7269,3085	1,6293	11,1268
10.00	51,85	57,02	57,77	55,64	40,13	630,60	3,74	2358184,8534	16815,6600	15750,2956	1,2422	15,6056
11.00	52,25	63,82	63,54	61,72	37,52	638,10	3,35	2345081,7131	23034,4859	20929,8399	1,5099	24,6254
12.00	42,82	58,43	57,23	53,17	38,43	628,10	3,77	2359417,3055	17968,5313	13989,7891	1,9367	23,8388
13.00	43,72	55,62	55,72	53,46	33,72	418,10	3,86	2362868,9146	15735,2988	14187,1594	1,4228	16,5948
14.00	48,81	59,01	60,39	58,28	40,01	301,90	3,47	2352219,8380	18462,3863	17842,6988	1,0234	14,1370
15.00	40,74	52,31	54,05	50,34	35,72	366,90	3,98	2366695,1272	13418,5115	12186,0809	1,3472	13,7147
16.00	39,62	50,84	53,19	48,72	31,32	325,60	3,89	2368669,0412	12489,1138	11247,9503	1,3657	13,0115
17.00	36,32	46,15	45,48	42,09	31,85	205,60	3,64	2386464,4842	9889,0865	8034,5454	1,6366	12,1650

$h_{R,w,g}$	$h_{T,w,g}$	$U_{T,g-a}$	$h_{C,g-a}$	$h_{R,g-a}$	$h_{T,g-a}$	$T_{g_i}$	$T_{g_o}$	$U_t$	$h_b$	$h_{R,b-a}$	$U_b$	$U_{Ls}$
5,6436	12,3871	55,59471	12,0700	15,7274	27,7974	28,5137	28,4293	10,1300	1,7539	22,2300	1,7237	11,8537
6,3642	19,1203	60,59609	13,6900	16,6080	30,2980	40,9201	40,7730	14,5342	1,7727	22,4960	1,7418	16,2760
7,2760	24,1037	48,39628	14,0200	10,1781	24,1981	46,1585	45,6452	16,0901	1,7761	22,1540	1,7451	17,8352
7,6901	33,8254	44,45529	12,8500	9,3776	22,2276	49,2715	48,3460	19,2093	1,7634	22,6100	1,7329	20,9422
7,2214	32,9969	58,47399	14,1100	15,1270	29,2370	45,9702	45,2086	21,0937	1,7770	23,2940	1,7459	22,8397
7,1383	25,1560	48,84661	14,3800	10,0433	24,4233	41,4329	40,7706	16,6046	1,7796	24,1300	1,7485	18,3531
7,4100	22,5704	48,72024	13,2100	11,1501	24,3601	46,2265	45,6939	15,4247	1,7675	23,9780	1,7368	17,1615
6,9302	21,9921	56,89841	14,7400	13,7092	28,4492	40,5657	40,0877	15,8614	1,7830	23,5980	1,7518	17,6132
6,8316	21,2088	49,89089	14,4700	10,4754	24,9454	37,3603	36,8315	14,8823	1,7805	23,1800	1,7493	16,6316
6,4787	20,2802	55,53013	13,7200	14,0451	27,7651	35,8043	35,4227	14,8550	1,7730	22,8760	1,7421	16,5971

$\alpha$	$-e\Delta T$	$EXP^{-e\Delta T}$	$f(t)$	$T_w$	$T_b$	Energi	$M_{ew}$	Efisiensi energi
0,0001	-0,2037	0,8157	0,0017	31,2961	31,7056	0,029	0,0000	5,7811
0,0001	-0,2797	0,7560	0,0034	44,0505	44,6995	0,067	0,0526	8,0183
0,0001	-0,3065	0,7360	0,0039	53,9093	57,5288	0,234	0,1847	19,1811
0,0001	-0,3599	0,6978	0,0042	57,2448	64,3168	0,379	0,3014	30,7701
0,0001	-0,3925	0,6754	0,0046	53,2387	58,9028	0,335	0,2644	27,5842
0,0001	-0,3154	0,7292	0,0032	50,5883	55,9504	0,294	0,2315	36,3387
0,0001	-0,2949	0,7446	0,0035	54,8029	59,2713	0,234	0,1856	40,1605
0,0001	-0,3027	0,7388	0,0033	48,7491	52,6289	0,217	0,1707	30,5898
0,0001	-0,2858	0,7514	0,0027	46,6825	51,1370	0,234	0,1843	37,2528
0,0001	-0,2852	0,7519	0,0027	43,0360	46,2999	0,170	0,1327	42,7890

ew	eg	$\sigma$	$\epsilon_{eff}$	ag	Rg	$\alpha'g$	$\alpha'w$	$\alpha'b$	As	Lg	Kg	Lins	Kins	Ab
0,9500	0,9400	0,0000	0,89569	0,0500	0,0500	0,0475	0,0500	0,0800	1,0000	0,0030	0,7800	0,0200	0,0390	1,9320

Lampiran Hari ketiga

Waktu	T. Luar Kaca	T. Air	T. Basin	T. Dalam Kaca	Temperatur Lingkungan	Intensitas	Kecepatan angin	L	Pw	Pgi	$h_{c,w-g}$	$h_{e,w-g}$
8.00	29,09	28,91	29,13	27,08	25,85	83,10	2,35	2424674,4857	3939,5028	3550,7160	1,1623	4,0183
9.00	32,79	32,91	33,43	31,47	27,28	266,90	2,17	2414575,3726	4922,6229	4546,2947	1,0903	4,6367
10.00	36,79	36,56	37,09	35,33	28,64	304,40	2,09	2406004,5722	6002,1079	5617,1315	1,0516	5,3560
11.00	47,43	48,12	47,96	44,88	33,54	368,10	2,89	2380721,8953	10916,8884	9272,3569	1,5400	12,7200
12.00	45,35	53,71	53,58	53,17	32,26	359,40	2,55	2367773,6015	14359,2531	13989,7891	0,8882	9,8888
13.00	44,51	55,34	54,15	52,07	33,73	476,90	2,76	2366465,7562	15526,6476	13262,7681	1,6243	18,2996
14.00	42,26	52,92	51,11	49,11	32,12	628,10	2,13	2373452,7398	13821,5710	11467,8209	1,6762	16,8511
15.00	37,89	50,87	49,39	45,16	33,55	393,10	2,77	2377418,3668	12507,5034	9405,3523	1,8806	16,6265
16.00	36,27	44,22	42,61	40,88	30,34	194,40	2,45	2393130,1027	8965,3693	7544,4789	1,5190	10,5160
17.00	34,71	41,12	38,98	37,38	29,87	126,90	2,13	2401588,9723	7639,5402	6271,4771	1,5494	9,2231

$h_{R,w-g}$	$h_{T,w-g}$	$U_{T,g-a}$	$h_{C,w-a}$	$h_{R,g-a}$	$h_{T,g-a}$	Tgi	Tgo	$U_t$	$h_b$	$h_{R,b-a}$	$U_b$	$U_{Ls}$
5,5396	10,7203	51,7156	9,8500	16,0078	25,8578	26,4386	26,3854	8,8796	1,7207	14,6300	1,6916	10,5712
5,7745	11,5015	42,6858	9,3100	12,0329	21,3429	28,7090	28,6006	9,0602	1,7108	13,9460	1,6820	10,7422
5,9902	12,3978	38,6865	9,0700	10,2733	19,3433	30,8452	30,6925	9,3889	1,7061	13,6420	1,6775	11,0664
6,6256	20,8856	41,2337	11,4700	9,1468	20,6168	38,7235	38,3427	13,8635	1,7459	16,6820	1,7160	15,5794
7,0666	17,8435	39,2288	10,4500	9,1644	19,6144	39,2654	38,7740	12,2648	1,7307	15,3900	1,7013	13,9661
7,0840	27,0079	41,7789	11,0800	9,8095	20,8895	42,5441	41,8886	16,4037	1,7404	16,1880	1,7106	18,1143
6,9105	25,4378	38,0674	9,1900	9,8437	19,0337	40,9215	40,3211	15,2484	1,7085	13,7940	1,6798	16,9282
6,7206	25,2278	51,2554	11,1100	14,5177	25,6277	39,5071	38,9726	16,9065	1,7408	16,2260	1,7110	18,6175
6,3829	18,4179	44,2438	10,1500	11,9719	22,1219	34,5671	34,2356	13,0044	1,7258	15,0100	1,6965	14,7009
6,1848	16,9573	44,7673	9,1900	13,1937	22,3837	33,0583	32,8056	12,2987	1,7085	13,7940	1,6798	13,9785

$\alpha$	$-e\Delta T$	$EXP^*e\Delta T$	$f(t)$	$T_w$	$T_b$	Energi	$M_{ew}$	Efisiensi energi
0,0001	-0,1817	0,8339	0,0014	28,5825	28,9791	0,017	0,0000	10,3671
0,0001	-0,1846	0,8314	0,0016	32,5534	33,1287	0,034	0,0266	6,6788
0,0001	-0,1902	0,8268	0,0017	35,8738	36,8083	0,052	0,0403	8,8480
0,0001	-0,2677	0,7651	0,0028	45,5429	48,4067	0,168	0,1312	23,5648
0,0001	-0,2400	0,7866	0,0024	49,9583	53,9904	0,204	0,1608	29,4211
0,0001	-0,3113	0,7325	0,0033	50,6817	55,6946	0,288	0,2265	31,2257
0,0001	-0,2909	0,7464	0,0031	49,1722	53,3836	0,269	0,2109	22,1355
0,0001	-0,3199	0,7262	0,0033	47,0067	51,1538	0,241	0,1888	31,7202
0,0001	-0,2526	0,7768	0,0023	41,5596	44,3456	0,142	0,1106	37,8261
0,0001	-0,2402	0,7865	0,0021	39,0020	41,1839	0,106	0,0822	43,1992

ew	eg	$\sigma$	$\epsilon_{eff}$	ag	Rg	d'g	d'w	a'b	As	Lg	Kg	Lins	Kins	Ab
0,9500	0,9400	0,0000	0,89569	0,0500	0,0500	0,0475	0,0500	0,0800	1,0000	0,0030	0,7800	0,0200	0,0390	1,9320

Lampiran Hari keempat

Waktu	T. Luar Kaca	T. Air	T. Basin	T. Dalam Kaca	Temperatur Linekungan	Intensitas angin	Kecepatan angin	L	P <sub>w</sub>	P <sub>gi</sub>	$h_{c,w-g}$	$h_{e,w-g}$
8.00	29,28	30,64	30,54	26,99	26,67	121,90	5,45	2421359,7122	4341,1107	3532,5023	1,4678	5,2917
9.00	38,84	39,12	39,37	37,74	29,94	393,60	5,49	2400678,7535	6878,5235	6393,0561	1,1060	6,3313
10.00	44,28	44,68	43,78	43,17	31,31	525,60	5,59	2390410,2737	9178,3721	8495,3284	1,1745	8,6457
11.00	47,43	48,18	47,15	46,47	33,73	595,60	5,63	2382595,6669	10949,6063	10050,0372	1,2504	10,7043
12.00	51,19	51,13	50,25	50,13	33,42	634,40	5,65	2375434,4618	12667,8739	12060,7366	1,0689	10,5609
13.00	54,16	54,81	53,71	52,97	35,26	689,10	5,80	2367475,2293	15138,3007	13855,0726	1,3419	15,2288
14.00	52,19	53,20	50,23	49,47	34,73	534,40	5,88	2375480,5745	14010,0949	11674,1060	1,6681	17,0005
15.00	46,77	50,56	47,89	44,82	32,92	510,60	5,92	2380883,7546	12318,6140	9244,0733	1,8799	16,3859
16.00	45,57	45,07	42,31	41,55	31,69	358,30	5,78	2393828,0293	9362,4226	7812,4906	1,5528	11,1261
17.00	41,72	44,71	41,91	40,45	31,64	209,10	5,84	2394758,9312	9192,4164	7376,7554	1,6482	11,4313

$h_{R,w-g}$	$h_{T,w-g}$	$U_{T,g-a}$	$h_{E,g-a}$	$h_{R,g-a}$	$h_{T,g-a}$	$T_{gi}$	$T_{go}$	$U_t$	$h_b$	$h_{R,b-a}$	$U_b$	$U_{L,s}$
5,5852	12,3447	75,5215	19,1500	18,6107	37,7607	27,2937	27,2146	10,6103	1,8159	26,4100	1,7835	12,3939
6,1360	13,5732	58,6841	19,2700	10,0721	29,3421	31,9232	31,7221	11,0236	1,8166	26,5620	1,7842	12,8078
6,4665	16,2868	57,3423	19,5700	9,1011	28,6711	34,6065	34,2791	12,6841	1,8184	26,9420	1,7859	14,4700
6,6769	18,6316	57,7667	19,6900	9,1933	28,8833	37,6243	37,2349	14,0878	1,8191	27,0940	1,7866	15,8744
6,8857	18,5155	56,8983	19,7500	8,6992	28,4492	38,1677	37,6995	13,9696	1,8194	27,1700	1,7869	15,7565
7,0959	23,6666	57,9368	20,2000	8,7684	28,9684	41,3310	40,7224	16,8028	1,8219	27,7400	1,7893	18,5921
6,9310	25,5996	58,5501	20,4400	8,8350	29,2750	40,6505	40,0513	17,8118	1,8232	28,0440	1,7906	19,6024
6,7002	24,9660	59,3166	20,5600	9,0983	29,6583	38,4330	37,8686	17,5706	1,8239	28,1960	1,7912	19,3618
6,4291	19,1080	58,2518	20,1400	8,9859	29,1259	35,2149	34,8598	14,3883	1,8216	27,6640	1,7890	16,1773
6,3848	19,4643	60,2728	20,3200	9,8164	30,1364	34,9550	34,6107	14,7129	1,8226	27,8920	1,7900	16,5029

$\alpha$	$-e\Delta T$	$EXP^{-e\Delta T}$	$f(\theta)$	$T_w$	$T_b$	Energi	$M_{ew}$	Efisiensi energi
0,0001	0,2130	1,2374	0,0017	31,2666	30,7340	0,041	0,0000	17,2463
0,0001	0,2201	1,2462	0,0021	40,3397	39,4337	0,103	0,0799	13,5386
0,0001	0,2487	1,2823	0,0025	47,0282	45,0769	0,207	0,1617	20,4327
0,0001	0,2728	1,3136	0,0030	51,0626	48,6296	0,278	0,2173	24,1516
0,0001	0,2708	1,3110	0,0029	54,8813	51,6127	0,341	0,2675	27,8234
0,0001	0,3195	1,3764	0,0036	60,1830	55,3317	0,555	0,4366	41,6621
0,0001	0,3368	1,4005	0,0036	59,0360	53,5667	0,604	0,4737	58,4884
0,0001	0,3327	1,3947	0,0034	56,0384	50,9133	0,557	0,4362	56,4981
0,0001	0,2780	1,3205	0,0027	48,3620	45,3021	0,283	0,2200	40,8251
0,0001	0,2836	1,3279	0,0026	48,4131	44,8242	0,297	0,2313	73,5739

ew	eg	$\sigma$	eff	eg	Rg	$\alpha^g$	$\alpha^w$	$\alpha^b$	As	Lg	Kg	Lins	Kins	Ab
0,9500	0,9400	0,0000	0,89569	0,0500	0,0500	0,0475	0,0500	0,0800	1,0000	0,0030	0,7800	0,0200	0,0390	1,9320

Lampiran Hari kelima

Waktu	T. Luar Kaca	T. Air	T. Basin	T. Dalam Kaca	Temperatur Lingkungan	Intensitas	Kecepatan angin	L	P <sub>w</sub>	P <sub>gi</sub>	$h_{c,w-gf}$	$h_{f,w-gf}$
8.00	26,13	27,51	28,14	27,02	25,10	30,60	2,93	2427003,5976	3638,8872	3538,5643	0,7471	2,4892
9.00	27,49	28,63	29,24	28,48	26,83	81,90	2,06	2424415,7811	3877,6843	3844,9208	0,5058	1,7977
10.00	28,28	29,86	29,95	29,10	26,94	83,10	2,09	2422746,3848	4155,7765	3981,9449	0,8717	3,2445
11.00	34,44	38,35	36,56	34,61	28,93	300,90	2,19	2407244,1173	6603,8000	5402,0119	1,5282	7,9912
12.00	41,03	42,07	43,83	41,27	30,42	363,10	2,32	2390294,1167	8026,2234	7699,4861	0,9380	6,2341
13.00	44,86	46,08	47,99	45,64	32,27	474,90	2,26	2380652,5313	9854,1811	9637,2363	0,7876	6,3193
14.00	49,61	52,58	54,56	51,19	35,34	525,20	2,35	2365525,6739	13595,6303	12705,1367	1,2039	12,5504
15.00	49,22	54,75	56,94	53,16	40,13	640,10	2,38	2360079,5941	15094,8756	13983,0262	1,2786	14,5495
16.00	38,74	50,38	48,37	48,38	35,56	284,40	2,30	2379774,1378	12210,0847	11059,2865	1,3357	12,5070
17.00	35,13	46,63	43,25	40,25	30,44	253,10	2,70	2391641,9180	10131,3693	7299,8665	1,8967	13,6982

$h_{f,w-gf}$	$h_{f,w-gf}$	$U_{f,g-a}$	$h_{c,g-a}$	$h_{R,g-a}$	$h_{T,g-a}$	$T_{go}$	$U_i$	$h_b$	$h_{R,b-a}$	$U_b$	$U_{Ls}$
5,4994	8,7356	98,3700	11,5900	37,5950	49,1850	25,2767	8,0232	1,7476	16,8340	1,7176	9,7407
5,5706	7,8741	130,8763	8,9800	56,4582	65,4382	26,9602	7,4272	1,7043	13,5280	1,6758	9,1030
5,6220	9,7382	79,7145	9,0700	30,7872	39,8572	27,2539	8,6781	1,7061	13,6420	1,6775	10,3556
6,0216	15,5410	43,2049	9,3700	12,2325	21,6025	31,6653	11,4297	1,7119	14,0220	1,6831	13,1128
6,3295	13,5015	38,6083	9,7600	9,5442	19,3042	33,7695	10,0033	1,7191	14,5160	1,6900	11,6933
6,5857	13,6926	37,6735	9,5800	9,2567	18,8367	36,3905	10,0426	1,7158	14,2880	1,6869	11,7294
6,9661	20,7204	38,1984	9,8500	9,2492	19,0992	41,3825	13,4335	1,7207	14,6300	1,6916	15,1250
7,1001	22,9282	41,9480	9,9400	11,0340	20,9740	45,7656	14,8250	1,7222	14,7440	1,6931	16,5181
6,8062	20,6490	55,0751	9,7000	17,8375	27,5375	39,7796	15,0183	1,7180	14,4400	1,6890	16,7072
6,4375	22,0325	48,7863	10,9000	13,4932	24,3932	35,6466	15,1779	1,7377	15,9600	1,7080	16,8859

$\alpha$	$-c\Delta T$	$\text{EXP}^{-c\Delta T}$	$f(t)$	$T_w$	$T_b$	Energi	$M_{ew}$	Efisiensi energi
0,0000	-0,1674	0,8459	0,0012	27,2027	27,5449	0,009	0,0000	15,3952
0,0000	-0,1564	0,8552	0,0012	28,5405	28,7046	0,005	0,0042	3,4688
0,0000	-0,1779	0,8370	0,0014	29,5591	29,9269	0,014	0,0109	8,8124
0,0001	-0,2253	0,7983	0,0020	37,1033	38,5565	0,084	0,0650	14,4420
0,0001	-0,2009	0,8180	0,0019	40,7460	42,3853	0,084	0,0655	11,9781
0,0001	-0,2016	0,8175	0,0021	44,6035	46,4857	0,100	0,0785	10,9287
0,0001	-0,2599	0,7711	0,0029	49,7894	53,0265	0,193	0,1521	19,0288
0,0001	-0,2838	0,7529	0,0036	52,5298	55,2905	0,190	0,1501	15,3752
0,0001	-0,2871	0,7504	0,0030	47,2831	50,5697	0,181	0,1420	32,9978
0,0001	-0,2902	0,7481	0,0026	43,0938	46,7713	0,197	0,1536	40,3054

ew	eg	$\sigma$	$\epsilon_{eff}$	ag	Rg	d'g	d'w	$\alpha'b$	As	Lg	Lins	Kins	Ab
0,9500	0,9400	0,0000	0,89569	0,0500	0,0500	0,0475	0,0500	0,0800	1,0000	0,0030	0,0200	0,0390	1,9320

Lampiran Hari keenam

Waktu	T.Luar Kaca	T.Air	T.Basin	T.Dalam Kaca	Temperatur Lingkungan	Intensitas angin	Kecepatan angin	L	P <sub>w</sub>	P <sub>g</sub>	$h_{c-w-g}$	$h_{e-w-g}$
8.00	28,79	28,45	29,02	27,12	27,22	114,40	2,25	2424933,2077	3838,3975	3558,8376	1,0442	3,5716
9.00	35,84	35,48	36,38	32,20	31,28	293,10	2,33	2407665,2213	5662,8852	4733,7755	1,4451	6,6614
10.00	42,21	43,63	45,01	40,84	38,01	611,10	2,42	2387554,6397	8698,5215	7528,7367	1,4278	9,7417
11.00	40,99	45,64	46,48	44,29	33,35	314,20	2,74	2384146,9316	9637,2363	8997,5006	1,1385	8,7795
12.00	43,61	48,66	49,84	48,58	32,87	368,10	2,74	2376380,0075	11214,4535	11169,9269	0,4541	4,1132
13.00	30,59	44,98	40,57	36,77	39,26	201,90	2,75	2397880,1698	9319,6648	6070,1047	2,0345	13,1042
14.00	33,24	39,89	39,04	36,69	30,46	138,10	2,73	2401448,9173	7163,2386	6044,1217	1,4635	8,3290
15.00	46,51	48,06	50,93	44,84	30,83	284,40	2,76	2373867,3359	10884,2562	9253,4928	1,5363	12,6615
16.00	37,60	45,59	46,34	43,50	30,07	263,10	2,63	2384471,2292	9612,8503	8640,6698	1,3140	9,9467
17.00	34,94	43,25	41,31	39,94	31,12	178,10	2,61	2396155,9886	8530,3643	7182,0793	1,5063	9,9848

$h_{R-w-g}$	$h_{T-w-g}$	$U_{T-g-a}$	$h_{C-g-a}$	$h_{R-g-a}$	$h_{T-g-a}$	T <sub>g</sub>	T <sub>g0</sub>	U <sub>r</sub>	h <sub>b</sub>	$h_{R,b-a}$	U <sub>b</sub>	U <sub>ls</sub>
5,5280	10,1437	73,5174	9,5500	27,2087	36,7587	27,4341	27,4076	8,9138	1,7153	14,2500	1,6864	10,6002
5,8688	13,9753	47,2090	9,7900	13,8145	23,6045	32,4669	32,3681	10,7832	1,7196	14,5540	1,6905	12,4737
6,3637	17,5332	51,0099	10,0600	15,4450	25,5050	39,8711	39,7048	13,0483	1,7243	14,8960	1,6951	14,7433
6,5304	16,4484	44,1136	11,0200	11,0368	22,0568	36,6541	36,6541	11,9811	1,7395	16,1120	1,7097	13,6908
6,7582	11,3255	41,5178	11,0200	9,7389	20,7589	36,5850	36,3104	8,8982	1,7395	16,1120	1,7097	10,6079
6,2827	21,4214	25,8229	11,0500	1,8614	12,9114	42,0565	41,9242	11,7085	1,7399	16,1500	1,7102	13,4187
6,1278	15,9204	59,0238	10,9900	18,5219	29,5119	32,5507	32,3376	12,5384	1,7390	16,0740	1,7093	14,2477
6,6225	20,8203	39,5193	11,0800	8,6797	19,7597	36,9991	36,5634	13,6362	1,7404	16,1880	1,7106	15,3468
6,5046	17,7653	42,8797	10,6900	10,7498	21,4398	34,8225	34,4605	12,5612	1,7345	15,6940	1,7049	14,2661
6,3251	17,8162	51,7684	10,6300	15,2542	25,8842	34,3473	34,0551	13,2546	1,7336	15,6180	1,7040	14,9586

$\alpha$	$-e\Delta T$	$EXP^{-e\Delta T}$	$f(t)$	$T_w$	$T_b$	Energi	$M_{ew}$	Efisiensi energi
0,0001	0,1822	1,1998	0,0015	28,4059	28,5496	0,007	0,0000	3,0341
0,0001	0,2143	1,2391	0,0021	35,7004	35,7257	0,042	0,0322	7,3491
0,0001	0,2533	1,2883	0,0031	43,5678	44,1340	0,070	0,0543	5,8930
0,0001	0,2353	1,2652	0,0024	48,0382	45,9014	0,188	0,1472	31,0270
0,0001	0,1823	1,2000	0,0019	50,8541	48,9696	0,113	0,0889	15,9446
0,0001	0,2306	1,2593	0,0027	45,8774	45,0633	0,097	0,0752	24,7993
0,0001	0,2448	1,2774	0,0022	42,1329	39,9841	0,154	0,1196	57,7917
0,0001	0,2637	1,3018	0,0025	52,4483	48,3327	0,378	0,2966	68,7802
0,0001	0,2451	1,2778	0,0022	49,1712	45,8097	0,276	0,2155	54,2464
0,0001	0,2570	1,2931	0,0023	46,3140	43,3570	0,231	0,1795	67,0889

$ew$	$eg$	$\sigma$	$egiff$	$ag$	$Rg$	$d'g$	$d'w$	$a'b$	$As$	$Lg$	$Kg$	$Lins$	$Kins$	$Ab$
0,9500	0,9400	0,0000	0,89569	0,0500	0,0500	0,0475	0,0500	0,0800	1,0000	0,0030	0,7800	0,0200	0,0390	1,9320

Lampiran Hari ketujuh

Waktu	T. Luar Kaca	T. Air	T. Basin	T. Dalam Kaca	Temperatur Lingkungan	Intensitas angin	Kecepatan angin	L	P <sub>w</sub>	P <sub>gl</sub>	h <sub>c,w-gf</sub>	h <sub>E,w-gf</sub>
8.00	27,21	27,45	28,10	25,56	25,02	90,30	2,45	2427097,7318	3626,4693	3253,9742	1,1695	3,7507
9.00	35,15	35,82	38,48	32,27	33,81	256,80	2,49	2402756,3957	5767,8100	4752,1062	1,4872	6,9245
10.00	43,69	46,52	49,19	44,24	35,58	443,10	2,59	2377880,0481	10075,3918	8974,5394	1,3636	10,7135
11.00	49,42	55,75	55,96	54,30	37,06	515,60	2,63	2362319,7984	15833,0010	14772,6375	1,2479	14,8508
12.00	38,63	52,00	49,80	47,47	34,25	484,40	2,65	2376472,2822	13217,6415	10567,8910	1,7582	16,7358
13.00	39,53	48,09	47,10	45,74	33,52	338,20	2,80	2382711,3909	10900,5616	9686,1710	1,3849	11,6458
14.00	31,82	42,11	39,40	37,29	30,73	290,10	2,88	2400608,7503	8042,8749	6241,4019	1,6899	10,2781
15.00	35,19	38,98	32,26	36,44	27,57	153,30	2,92	2417320,3162	6827,8395	5963,5542	1,3513	7,4823
16.00	38,08	40,90	43,07	40,02	37,00	284,40	2,78	2392060,3694	7552,3608	7212,3151	0,9617	6,0474
17.00	36,06	39,58	42,92	39,34	31,95	205,60	2,84	2392409,1392	7047,3919	6958,8378	0,6188	3,7153

h <sub>R,w-gf</sub>	h <sub>T,w-gf</sub>	U <sub>T,g-ga</sub>	h <sub>C,g-ga</sub>	h <sub>R,g-ga</sub>	h <sub>T,g-ga</sub>	T <sub>gl</sub>	T <sub>go</sub>	U <sub>t</sub>	h <sub>b</sub>	h <sub>R,b-a</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>ls</sub>
5,4578	10,3780	61,7100	10,1500	20,7050	30,8550	25,4293	25,3859	8,8839	1,7258	15,0100	1,6965	10,5805
5,8806	14,2923	86,4774	10,2700	32,9687	43,2387	34,2161	34,1582	12,2652	1,7278	15,1620	1,6984	13,9636
6,5560	18,6331	43,1735	10,5700	11,0167	21,5867	39,2187	38,9397	13,0157	1,7326	15,5420	1,7031	14,7188
7,1701	23,2688	40,8632	10,6900	9,7416	20,4316	44,2231	43,7012	14,8263	1,7345	15,6940	1,7049	16,5312
6,8290	25,3230	50,5861	10,7500	14,5430	25,2930	40,4745	39,9226	16,8753	1,7354	15,7700	1,7058	18,5812
6,6513	19,6820	46,9490	11,2000	12,2745	23,4745	38,0649	37,6885	13,8682	1,7421	16,3400	1,7123	15,5804
6,2117	18,1796	98,7325	11,4400	37,9263	49,3663	32,6174	32,3163	15,3527	1,7455	16,6440	1,7156	17,0683
6,0936	14,9272	43,9932	11,5600	10,4366	21,9966	30,5843	30,3491	11,1454	1,7472	16,7960	1,7172	12,8626
6,2567	13,2659	103,5954	11,1400	40,6577	51,7977	37,5583	37,4656	11,7600	1,7412	16,2640	1,7114	13,4714
6,1970	10,5310	52,1163	11,3200	14,7381	26,0581	33,3885	33,2575	8,7608	1,7438	16,4920	1,7139	10,4747

$\alpha$	$-e\Delta T$	EXP $\cdot e\Delta T$	$f(t)$	$T_w$	$T_b$	Energi	$M_{sw}$	Effisiensi energi
0,0001	0,1818	1,1994	0,0013	27,7040	27,5320	0,016	0,0000	9,4480
0,0001	0,2399	1,2712	0,0024	35,6899	36,0671	0,020	0,0153	3,9740
0,0001	0,2529	1,2878	0,0028	48,4299	46,9139	0,191	0,1494	22,2714
0,0001	0,2841	1,3285	0,0033	60,3954	56,1590	0,464	0,3660	46,5811
0,0001	0,3193	1,3762	0,0034	57,2600	52,3434	0,543	0,4255	57,9931
0,0001	0,2677	1,3070	0,0027	51,6122	48,3390	0,305	0,2384	46,6497
0,0001	0,2933	1,3408	0,0027	45,2008	42,2916	0,250	0,1940	44,5822
0,0001	0,2210	1,2474	0,0018	41,3877	38,9851	0,156	0,1204	52,7297
0,0001	0,2315	1,2605	0,0026	41,1789	41,1608	0,042	0,0330	7,6987
0,0000	0,1800	1,1972	0,0017	40,5559	39,7989	0,051	0,0401	12,9518

ew	eg	$\sigma$	$\epsilon_{eff}$	ag	Rg	$\alpha'g$	$\alpha'w$	$\alpha'b$	As	Lg	Kg	Lins	Kins	Ab
0,9500	0,9400	0,0000	0,89569	0,0500	0,0500	0,0475	0,0500	0,0800	1,0000	0,0030	0,7800	0,0200	0,0390	1,9320

## LAMPIRAN GAMBAR



Tahap pemasangan thermokopel dan melakukan pengujian pengambilan data



Hasil air bersih saat pengujian

### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

#### Analisa Energi Yang Diserap Air Pada Evaporator Alat Desalinasi Matahari System Passive Single Slope

Nama : Muhammad Nasir Harahap  
NPM : 1507230283

Dosen Pembimbing 1 : Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T.  
Dosen Pembimbing 2 : Chandra A. Siregar, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	3/12-2019	Perbaiki' larv biologi	✓
2.	6/12-2019	layutan Tujuan dan Sasaran Skripsi dgn judul dan bawson masalah	✓
3.	7/1-2020	layutan Tujuan proposal	✓
4.	13/1-2020	Perbaiki' sistematika penulisan	✓
5.	15/1-2020	layutan ke pembimbing II	✓
6.	21/1-2020	perbaiki bab II dan III	✓
7.	29/1-2020	perbaiki bab III (Tambahan Rancangan alat pemukiman)	✓
8.	3/1-2020	Ace seminar, kembalikan copy I	✓
9.	7/2-2020	Ace di Seminarikan	✓



**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 Muchtar 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 PENGHUKUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor 828/AL.3AU/UMSU-07/F/2019**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin pada Tanggal 15 Juli 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD NASIR HARAHAP  
Npm : 1507230283  
Program Study : TEKNIK MESIN  
Semester : VIII ( Delapan )  
Judul Tugas Akhir : ANALISA PERPINDAHAN PANAS PADA KACA EVAPORATOR  
ALAT DESALINASI MATAHARI SYSTEM PASSIVE SINGLE SLOPE

Pembimbing 1 : MUNAWAR ALFANSURY SIREGAR ST.MT

Pembimbing II : 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 12 Dzulqaidah 1440 H

15 Juli 2019

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT

NIDN: 0101017202

Cc. File

Catat :  
Judul lama: ANALISA PERPINDAHAN PANAS PADA KACA EVAPORATOR  
ALAT DESALINASI MATAHARI SYSTEM PASSIVE SINGLE SLOPE.  
Judul Baru: ANALISA ENERGI YANG DI SERAP AIR PADA EVAPORATOR  
ALAT DESALINASI MATAHARI SYSTEM PASSIVE SINGLE SLOPE.

**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

Peserta Seminar  
 Nama : Muhammad Nasir Harahap  
 NPM : 1507230083  
 Judul Tugas Akhir : Analisa Energi Yang Diserap Air Pada Evaporator Alat Desalinasi Matahari System Dassave Single Stope.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T	: .....
Pembimbing – II : Chandra A Siregar.S.T.M.T	: .....
Pembanding – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc	: .....
Pembanding – II : Ahmad marabdi Srg.S.T.M.T	: .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	130723024	AHMAD ALFIAN LUBIS	
2	1307230099	Abd dhoni mudi	
3	1307230050	FAUZI RAHMAT	
4	1407230059	EDI SUSANTO	
5	1407230066	RAHMAT DANI	
6	1407230110	keir patar rachmat	
7	1307230061	ASRIL	
8	1307230116	ARBAR RIZKY	
9			
10			

Medan, 27 Jum.Akhir 1441 H  
21 Februari 2020 M

Ketua Prodi. Mesin



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

---

NAMA : Muhammad Nasir Harahap  
NPM : 1507230083  
Judul T.Akhir : Analisa Energi Yang Diserap Air Pada Evaporator Alat Desali-  
Nasi Matahari System dassive Single Slope.

Dosen Pembimbing – I : Munawar A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing – II : 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 buku smp.s.*  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

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

Medan 26 Jum.Akhir 1441 H  
21 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

H.Muharnif.S.T.M.Sc

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

---

NAMA : Muhammad Nasir Harahap  
NPM : 1507230083  
Judul T.Akhir : Analisa Energi Yang Diserap Air Pada Evaporator Alat Desalinasi Matahari System passive Single Slope.

Dosen Pembimbing - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc  
Dosen Pemanding - 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 :
  - ⊙ Perbaiki kembali kesesuaian latar belakang dengan judul, tujuannya, pustaka, metode, Hasil, kesimpulan dan Saran.
  - ⊙ Perbaiki prosedur (tampilan) ⊙ perbaiki Bab-4 (Hasil).
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 26 Jum.Akhir 1441 H  
21 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin



Dosen Pemanding- II

Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.Sc

## **DAFTAR RIWAYAT HIDUP**



### **DATA PRIBADI**

Nama : MUHAMMAD NASIR HARAHAAP  
NPM : 1507230283  
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 12 Oktober 1995  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Status : Lajang  
Agama : Islam  
Alamat : Jl. Sidomulyo Pasar ix Gg. Pipit Tembung  
No. Hp : 081375024233  
Email : [muhammadnasirharahap2@gmail.com](mailto:muhammadnasirharahap2@gmail.com)  
Nama Orang Tua  
Ayah : Akhmad Soleh Harahap  
Ibu : Lisma Qomaria Siregar

### **PENDIDIKAN FORMAL**

2001-2007 : SD INPRES SAMPECITA KUTALIMBARU  
2007-2010 : SMP NEGERI 2 KUTALIMBARU  
2010-2013 : SMK SWASTA TELADAN MEDAN  
2015-2020 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas  
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara