

**RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI AIR LAUT DENGAN METODE
KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SELALU SAMA
MENGUNAKAN ENERGI MATAHARI**

(Skripsi)

Oleh

RIO ADHITYA PUTRA



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI AIR LAUT DENGAN METODE KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SELALU SAMA MENGUNAKAN ENERGI MATAHARI

Oleh

RIO ADHITYA PUTRA

Telah direalisasikan alat destilasi air laut yang dilakukan menggunakan energi matahari. Air laut dimasukkan ke dalam ruang destilasi dan dipanaskan menggunakan radiasi matahari sehingga terjadi proses perpindahan panas, penguapan, dan pengembunan. Pada penelitian ini digunakan plat *absorber* tipe bergelombang dengan metode yang digunakan adalah ketinggian permukaan air laut di dalam alat destilasi selalu sama sehingga dapat mempertahankan panas untuk proses penguapan dalam mendapatkan kapasitas air bersih yang dihasilkan dengan variasi ketinggian 2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 cm. Selain itu, bagian atap destilasi dibuat dari bahan akrilik transparan dengan kemiringan 45° . Hasil pengujian menunjukkan bahwa kenaikan temperatur air (T_w) dan temperatur penguapan (T_c) lebih besar dibandingkan temperatur lingkungan (T_L) dan *cover* (T_C). Hal ini menyebabkan terjadinya proses penguapan dan kondensasi sehingga didapatkannya air bersih hasil destilasi. Berdasarkan ketinggian permukaan air laut, hasil pengujian yang didapatkan berupa volume air hasil destilasi terbanyak terjadi pada ketinggian air 2 cm yaitu 0,355 liter dengan kadar salinitas 0‰ dan efisiensi sebesar 48,07 %.

Kata Kunci: Destilasi, energi matahari, air laut, air bersih.

ABSTRACT

DESIGN DISTILLATION DEVICE OF SEA WATER WITH WATER SURFACE METHODS ALWAYS ARE SAME USING THE SOLAR ENERGY

By

RIO ADHITYA PUTRA

It has been realized an distillation device of sea water by using solar energy. Sea water putted in the distillation room and being heated by solar radiation so that heat transfer, evaporation and condensation process can take place. In this study was used corrugated plate absorber with the method used is the sea level in the distillation equipment is always the same so that it will retain heat for the evaporation process in obtaining the capacity of clean water produced with variations of height 2, 4, 6, 8, 10, 12 , and 14 cms. In addition, the distillation roof is made of transparent acrylic material with a slope of 45°. The results showed that the increase of water temperature (T_w) and evaporation temperature (T_e) is bigger than environmental temperature (T_L) and cover (T_C) so that there is evaporation and condensation process so that the distillate water is obtained. Based on sea level, the volume of distillation water mostly occurred at sea water level of 2 cm that is 0,355 liter with salinity 0‰ and efficiency equal to 48,07%.

Keywords: *Distillation, solar energy, seawater, clean water.*

**RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI AIR LAUT DENGAN METODE
KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SELALU SAMA
MENGUNAKAN ENERGI MATAHARI**

Oleh

RIO ADHITYA PUTRA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

**Judul : RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI
AIR LAUT DENGAN METODE
KETINGGIAN PERMUKAAN AIR SELALU
SAMA MENGGUNAKAN ENERGI
MATAHARI**

Nama Mahasiswa : Rio Adhitya Putra

Nomor Pokok Mahasiswa : 1317041039

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Bandar Lampung, 7 Maret 2018

1. Komisi Pembimbing

Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 19710909 200012 1 001

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 19801010 200501 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika

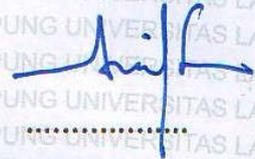
Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP. 19710909 200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

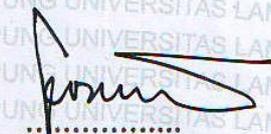
Ketua

: Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.



Sekretaris

: Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.

NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 28 Februari 2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 7 Maret 2018



Rio Adhiya Putra
NPM. 1317041039

RIWAYAT HIDUP



Penulis yang bernama Rio Adhitya Putra dilahirkan di Desa Gisting Bawah Kecamatan Gisting Kabupaten Tanggamus pada tanggal 27 Mei 1995 yang merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Saiful dan Ibu Leli. Penulis bertempat tinggal di Desa Negeri Agung Kecamatan Talangpadang Kabupaten Tanggamus. Penulis menyelesaikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Banding Agung pada tahun 2007, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Talangpadang pada tahun 2010, dan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Talangpadang pada tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2013. Selama menempuh pendidikan penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Fisika Dasar I, Asisten Praktikum Sains Dasar Fisika, Asisten Praktikum Fisika Dasar II, Asisten Praktikum Pemrograman Komputer, Asisten Praktikum Elektronika Dasar I, Asisten Praktikum Fisika Eksperimen, Asisten Praktikum Fisika Komputasi, Asisten Praktikum Mikrokontroller, Asisten Praktikum Sistem Akuisisi Data, dan Asisten Praktikum Fisika Inti. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi

kemahasiswaan, yaitu Anggota Bidang Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2014-2015 dan Kepala Bidang Kaderisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) periode 2015-2016, bahkan penulis juga aktif dalam organisasi tingkat Nasional yaitu Koordinator Komisariat B Wilayah 1 Ikatan Himpunan Mahasiswa Fisika Indonesia (IHAMAFI) periode 2015-2017. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) dengan judul **“Otomatisasi Pelapisan Permukaan Logam dengan Perangkat Nitridasi Plasma Menggunakan Arduino Uno”**, dan menyelesaikan penelitian skripsi di Jurusan Fisika dengan judul **“Rancang Bangun Alat Destilasi Air Laut dengan Metode Ketinggian Permukaan Air Selalu Sama Menggunakan Energi Matahari”**.

MOTTO

*Jadi diri sendiri, cari jati diri, dapatkan hidup yang mandiri,
optimis karena hidup terus mengalir dan
kehidupan terus berputar*

Santai, jelas, dan terarah

*The greatest secret of success is there is no big secret, whoever you
are, you will be successful if you endeavor in earnest*

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillahilalamin

Segala puji dan syukur yang tak terhingga kepada Allah SWT,

Ku persembahkan karya ini untuk

Kedua orang tua Ku

Bapak Saiful dan Ibu Leli

*Kakak, Adik-adikku dan Keluarga atas segala perjuangan tanpa
lelah dan ikhlas memberikan do'a, motivasi, meridhai serta mendukung
hingga aku menyelesaikan pendidikan S1*

*Bapak Ibu Guru dan Dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan
yang sangat berharga dan motivasi kepadaku*

Dan

*Sahabat dan teman-teman perjuangan atas do'a, dukungan, semangat,
dan kebersamaan selama di bangku kuliah*

Serta

Almamater Tercinta

Universitas Lampung

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dan skripsi yang berjudul “**Rancang Bangun Alat Destilasi Air Laut dengan Metode Ketinggian Permukaan Air Selalu Sama Menggunakan Energi Matahari**”. Salawat beserta Salam kepada nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari alam yang tidak berilmu menuju alam yang berilmu pengetahuan dan berakhlak mulia. Aamiin.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat yang harus ditempuh untuk mencapai gelar akademik pada jenjang strata 1 (S1) Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan selanjutnya. Semoga skripsi ini menjadi rujukan untuk penelitian berikutnya agar lebih sempurna.

Bandar Lampung, 7 Maret 2018

Rio Adhitya Putra

SANWACANA

Alhamdulillah segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Rancang Bangun Alat Destilasi Air Laut dengan Metode Ketinggian Permukaan Air Selalu Sama Menggunakan Energi Matahari**” sebagai satu syarat yang harus ditempuh untuk mencapai gelar akademik pada jenjang strata 1 (S1) Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Melalui tulisan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada segenap pihak yang telah membantu baik dukungan, pemikiran, bimbingan, ide-ide, motivasi serta do’a sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila yang senantiasa memberikan ilmu, wawasan, dan bimbingan kepada penulis serta dukungan dalam proses akademik.
2. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dan Sekretaris Jurusan Fisika FMIPA Unila yang senantiasa membimbing penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi serta dukungan dalam proses akademik.

3. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si. selaku Dosen Penguji yang senantiasa memberikan saran, kritik dan masukan kepada penulis dalam menyempurnakan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A. selaku Dekan FMIPA Unila.
5. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik (PA) yang memberikan nasihat dan bimbingannya kepada penulis selama masa kuliah.
6. Dosen-dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
7. Teman-teman seperjuanganku di KBK Instrumentasi dan Fisika 2013 Doni, Maria, Dian, Azmi, Prima, Arta, Defri, Rizky, Ilwan, Ridho, Mardi, Fauza, Ratna, Dewi, Elisa, dan yang tidak bisa disebutkan satu per satu terimakasih atas bantuannya dalam berbagi ilmu, cerita, dan tawa.
8. Seluruh Kakak dan Adik Tingkat Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah mendukung dan membantu penulis selama menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Semoga kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT, serta memberkahi hidup kita. *Aamiin Yaa Rabbal 'Alamin.*

Bandar Lampung, 7 Maret 2018

Rio Adhitya Putra

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
COVER DALAM	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Masalah	6

II. TINJUAN PUSTAKA

A. Penelitian Pendukung	7
B. Teori Dasar	9
1. Hidrologi	9
2. Penguapan (Evaporasi)	11
2.1 Peristiwa Penguapan	11
2.2 Fisika Evaporasi	11
2.3 Faktor yang Mengontrol Proses Penguapan	12
3. Beberapa Pengertian yang Berhubungan dengan Air	13
3.1 Air	13
3.2 Air Laut	14
3.3 Air Minum dan Syarat-Syaratnya	15
4. Salinitas	17
5. Perpindahan Panas	18
5.1 Konduktivitas Termal	18
5.2 Konveksi	20
5.3 Radiasi	20
6. Tenaga Surya	21
7. Destilasi Tenaga Surya	23
8. Efisiensi Alat Destilasi	25

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	27
B. Alat dan Bahan	28
C. Metode Penelitian	30

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	45
B. Pembahasan.....	51

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan.....	63
B. Saran	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Instalasi alat dengan variasi sudut kemiringan 20°, 30°, dan 50°	9
Gambar 2.2. Sketsa siklus Hidrologi	10
Gambar 2.3. Salinitas permukaan rata-rata bulanan (psu) di Barat daya Sumatera dan Laut Jawa	18
Gambar 2.4. Destilasi Sederhana	23
Gambar 2.5. Destilasi surya tipe satu permukaan kaca miring	24
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	31
Gambar 3.2. Bak penampungan dari alat destilasi	33
Gambar 3.3. Bagian atas alat destilasi sebagai ruang evaporasi	35
Gambar 3.4. Skema alat destilasi	37
Gambar 3.5. Skema pengambilan data	40
Gambar 3.6. Grafik hubungan temperatur terhadap waktu	43
Gambar 3.7. Grafik hubungan massa produksi terhadap ketinggian air laut	43
Gambar 3.8. Grafik hubungan efisiensi terhadap ketinggian air laut	44
Gambar 4.1. Realisasi alat (a) tampak depan (b) tampak belakang	46
Gambar 4.2. Bagian dalam alat destilasi air laut	47
Gambar 4.3. Karpet talang hitam	48

Gambar 4.4. (a) Sterofoam (b) Aluminium foil (c) Kayu	48
Gambar 4.5. Plat aluminium (a) Bergelombang (b) Datar	49
Gambar 4.6. Akrilik sebagai bagian atap alat destilasi	50
Gambar 4.7. Air laut	51
Gambar 4.8. Instrumen pengukur (a) Luxmeter (b) Gelas ukur	52
Gambar 4.9. Instrumen pengukur (a) Termometer digital (b) Termokopel (c) termometer <i>infrared</i>	52
Gambar 4.10. Grafik hubungan temperatur T_L , T_{Al} , T_W , T_C , dan T_e terhadap waktu pengujian pada ketinggian permukaan air laut (a) 2 cm, (b) 4 cm (c) 6 cm (d) 8 cm (e) 10 cm (f)12 cm (g) 14 cm (h) titik pengukuran	54
Gambar 4.11. Refraktometer analog	56
Gambar 4.12. Grafik hubungan massa produksi terhadap pengaruh ketinggian air laut di dalam alat destilasi	59
Gambar 4.13. Grafik hubungan efisiensi terhadap pengaruh ketinggian air laut di dalam alat destilasi	61

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kadar garam pada air laut di dunia	14
Tabel 2.2. Syarat fisik air minum	16
Tabel 2.3. Konduktivitas termal berbagai bahan logam pada 0 °C	19
Tabel 2.4. Karakteristik cahaya penyusun sinar matahari	22
Tabel 3.1. Jadwal pelaksanaan penelitian	27
Tabel 3.2. Data pengukuran alat destilasi dengan ketinggian permukaan air laut 2 cm	41
Tabel 3.3. Data pengukuran harian alat destilasi.....	42
Tabel 3.4. Data efisiensi harian alat destilasi.....	42
Tabel 4.1. Data pengujian salinitas	56
Tabel 4.2. Data perhitungan karakteristik alat destilasi harian	58
Tabel 4.3. Efisiensi alat destilasi harian	60

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagai negara kepulauan, Indonesia telah diakui dunia secara internasional yang kemudian diratifikasi oleh Indonesia dengan Undang-Undang No. 17 Tahun 1985. Berdasarkan United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), total luas daerah laut Indonesia seluas 5,9 juta km², terdiri atas 3,2 juta km² perairan teritorial dan 2,7 km² perairan Zona Ekonomi Eksklusif. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia (Lasabuda, 2013). Namun tidak semua daerah Indonesia telah mendapatkan air bersih yang cukup. Kelangkaan dan kesulitan mendapatkan air bersih dan layak pakai menjadi permasalahan yang muncul di banyak tempat yang salah satunya menimpa masyarakat yang tinggal di daerah pesisir pantai (Astawa dkk., 2011).

Pada pihak nelayan terjadi permasalahan yang dijumpai ketika pergi melaut adalah penyediaan kebutuhan yang disuplai untuk kapal yaitu air tawar (air bersih) yang digunakan selama operasi penangkapan sebagai air minum dan pencuci hasil tangkapan (Atharis, 2008). Sehingga untuk mendapatkan air

perlu adanya pemrosesan atau pengolahan air laut menjadi air tawar dan air bersih. Air bersih yang dimaksud adalah air yang tidak berasa, bebas dari kotoran, bakteri yang merugikan, dan zat-zat lain yang bersifat merugikan bagi kesehatan manusia.

Ada beberapa cara yang sering dilakukan untuk mendapatkan air bersih yaitu perebusan, penyaringan, destilasi, dan lain-lain. Cara perebusan dilakukan hanya untuk mematikan kuman dan bakteri-bakteri yang merugikan, namun kotoran yang berupa padatan-padatan kecil tidak bisa terpisah dengan air. Penyaringan digunakan hanya untuk menyaring kotoran-kotoran yang berupa padatan kecil, namun kuman dan bakteri yang merugikan tidak bisa terpisah dari air. Cara destilasi merupakan cara yang efektif digunakan untuk menghasilkan air bersih yang bebas dari kuman, bakteri, dan kotoran yang berupa padatan kecil (Astawa dkk., 2011).

Sudjito dan Rahardja (1993) berpendapat bahwa salah satu alternatif pengadaan air bersih untuk air minum dari air laut adalah dengan menggunakan teknologi distilasi air laut. Teknologi distilasi memanfaatkan pemisahan komponen suatu bahan berdasarkan perbedaan titik didihnya dengan memanfaatkan energi panas. Daerah pesisir yang berlimpah energi radiasi matahari yang besar di musim kemarau dan air laut merupakan parameter yang dapat digabungkan untuk menjadi solusi permasalahan kelangkaan air bersih. Kebutuhan air bersih bagi daerah pesisir yang kekurangan air bersih pada musim kemarau, bertepatan dengan tersedianya intensitas cahaya matahari paling besar dalam satu tahun.

Destilasi atau penyulingan air laut merupakan teknologi penyulingan air untuk mendapatkan air bersih dari air laut yang intinya adalah menguapkan air laut dengan cara dipanaskan. Sumber panas yang dipergunakan berasal dari energi yang beragam yaitu minyak, gas, listrik, surya/matahari, dan lainnya (Abdullah, 2005). Destilasi dapat terjadi dengan memanfaatkan potensi alam yaitu sinar matahari (energi surya) menggantikan bahan bakar minyak dan gas alam untuk mengubah fase uap air laut. Destilasi energi surya merupakan salah satu cara mengolah air laut dalam menghasilkan air bersih dengan cara pemanasan dan penguapan (evaporasi) pada kolektor surya.

Prinsip kerja alat destilasi yaitu radiasi surya masuk ke dalam kolektor melalui *cover* transparan menuju plat penyerap, pada plat penyerap radiasi surya diubah menjadi panas. Air laut pada penampungan akan menjadi panas, air menguap dan menempel pada *cover* bagian dalam. Akibat adanya perbedaan temperatur antara di dalam penampungan dengan lingkungan, sehingga terjadi kondensasi atau pengembunan dan mengalir ke bawah mengikuti kemiringan *cover* (Mulyanef dkk., 2014). Karena suhu yang diperlukan untuk mengubah fase air laut menjadi uap tidak terlalu besar (di bawah 100 °C) atau di bawah satu tekanan atmosfer (1 atm), maka pemanfaatan energi surya adalah solusi alternatif yang dipilih sesuai kondisi Indonesia yang terletak pada daerah khatulistiwa dan beriklim tropis mempunyai jumlah sinar matahari yang cukup melimpah dan dapat dimanfaatkan sebagai energi yang bersih tanpa polusi (Himran, 2005).

Ada beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengolah air laut menjadi air tawar menggunakan uji destilasi surya antara lain dilakukan oleh Abdullah (2005) membuat model destilator dibuat dari bahan kayu yang dilapisi resin dan fiber dan penutup transparan dari kaca dengan tebal 5,0 mm, kemiringan kaca penutup 45° dan kedalaman air laut dalam ruang pemanas destilator 2 cm. Setiadi (2012) membuat alat pemisah garam dan air tawar bertingkat menggunakan energi surya dengan luas kolektor $240 \times 220 \text{ cm}^2$ dan sudut kemiringan kolektor 40° .

Berdasarkan penjelasan di atas, maka dilakukan penelitian mengenai pembuatan alat destilasi air laut dengan metode ketinggian permukaan air selalu sama menggunakan energi matahari untuk menghasilkan air bersih yang siap digunakan. Metode ini digunakan agar proses perubahan temperatur air laut di dalam alat destilasi lebih cepat mengalami proses penguapan. Dalam penelitian ini, plat *absorber* yang digunakan tipe bergelombang dan bentuk atap menggunakan kemiringan 45° . Plat *absorber* tipe bergelombang dipilih karena mempunyai luas permukaan yang lebih besar untuk radiasi matahari yang diserap dan temperaturnya yang lebih tinggi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut maka muncul perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat alat destilasi untuk mengubah air laut menjadi air bersih menggunakan energi matahari sebagai pemercepat penguapan.

2. Bagaimana menganalisa proses perpindahan panas pada alat destilasi energi matahari.
3. Bagaimana memperoleh kapasitas air bersih yang dihasilkan dari alat destilasi energi matahari.
4. Bagaimana pengaruh variasi ketinggian permukaan air laut yang selalu sama di dalam alat destilasi terhadap air bersih yang dihasilkan.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat sebuah alat destilasi untuk mengubah air laut menjadi air bersih menggunakan energi matahari sebagai pemercepat penguapan.
2. Menganalisa proses perpindahan panas pada alat destilasi menggunakan energi matahari.
3. Mendapatkan kapasitas air bersih yang dihasilkan oleh alat destilasi dengan menggunakan plat *absorber* tipe bergelombang dan variasi ketinggian permukaan air laut di dalam alat destilasi adalah 2, 4, 6, 8, 10, 12 dan 14 cm.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terealisasikannya alat destilasi energi matahari yang siap digunakan untuk mendapatkan air bersih dari air laut bagi masyarakat.

2. Sebagai alat alternatif penyedia air bersih yang murah dan sederhana yang difungsikan pada saat sulit mendapatkan air bersih.

E. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Proses yang digunakan pada penelitian ini adalah penyulingan (destilasi) dan penguapan (evaporasi) menggunakan energi matahari.
2. Bahan yang digunakan sebagai plat *absorber* adalah aluminium yang merupakan bahan yang baik menyerap panas dan dibuat berbentuk gelombang.
3. Akrilik transparan yang digunakan untuk bagian atap alat destilasi dibuat dengan kemiringan 45° .
4. Ketinggian permukaan air laut di dalam alat destilasi adalah 2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 cm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Pendukung

Penelitian destilasi tenaga surya telah dilakukan oleh banyak peneliti, masing-masing mempunyai karakteristik dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya digunakan sebagai dasar untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

La Aba (2007) melakukan penelitian dengan cara menguji pengaruh bentuk-bentuk permukaan *absorber* yang terbuat dari seng (datar, bergelombang, dan bergerigi) terhadap kenaikan temperatur di dalam *solar still* dan volume total air suling. Hasil yang didapatkan bahwa temperatur air laut dalam *solar still* lebih tinggi untuk *absorber* dengan permukaan bentuk gelombang, disusul bentuk gerigi, dan bentuk datar. Hal ini terjadi karena untuk permukaan yang berbentuk gelombang memiliki luas permukaan yang lebih besar karena lebih banyak radiasi matahari yang diserap oleh *absorber* maka temperaturnya juga lebih tinggi. Kenaikan temperatur menyebabkan jumlah air laut yang menguap menjadi lebih banyak sehingga tekanan uap air menjadi cepat jenuh dan akhirnya terjadi kondensasi. Konsep ini berdasarkan persamaan kalor penguapan molar berikut.

$$\ln P = - \frac{\Delta H_{vap}}{RT} \quad (2.1)$$

Dengan demikian dapat dikatakan, semakin tinggi temperatur, semakin cepat terjadinya penguapan air laut, dan semakin besar volume air suling hasil destilasi.

Ismail (2010) melakukan penelitian secara eksperimen yaitu membandingkan bentuk *cover* dengan sudut 35° dan *cover* bentuk atap dengan luas penampung yang sama. Hasil yang diperoleh sudut *cover* 35° menghasilkan produktivitas air kondensat lebih tinggi dibandingkan dengan *cover* bentuk atap dikarenakan mempunyai permukaan lebih luas sehingga uap air yang menempel pada permukaan *cover* bagian bawah lebih banyak. Sedangkan efisiensi *solar still* menggunakan sudut *cover* 35° lebih tinggi dibandingkan dengan *cover* bentuk atap.

Santosa dkk (2010) melakukan penelitian dengan membuat 3 buah alat destilator surya dengan dimensi 100x60 cm menggunakan ketebalan kaca 3 mm dan *absorber* plat tembaga bergelombang kemiringan kaca dibedakan dengan sudut 20°, 30°, dan 50°. Instalasi alat dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut. Pada penelitian ini pengujian dilakukan pukul 08.00 s.d. 16.00 WIB menghasilkan basin solar dengan kemiringan kaca penutup 20° mampu menghasilkan air hasil destilasi rata-rata 4,05 ml, kemiringan kaca penutup 30° menghasilkan 15,5 ml, dan kemiringan kaca penutup 50° menghasilkan 72,5 ml. Oleh karena itu penghasil air destilasi paling banyak saat menggunakan kemiringan kaca penutup 50°.



Gambar 2.1. Instalasi alat dengan variasi sudut kemiringan 20°, 30°, dan 50°
(Sumber: Santosa dkk., 2010).

Hidayat (2011) melakukan rancang bangun alat pemisah garam dan air tawar dengan menggunakan energi matahari dengan luas kolektor (220x120x5) cm², tipe kaca penutup kolektor dengan sudut 40° sampel air laut sebanyak 20 liter menghasilkan garam sebanyak 621 gram per enam hari pengujian dan air tawar sebanyak 3,186 liter/hari.

B. Teori Dasar

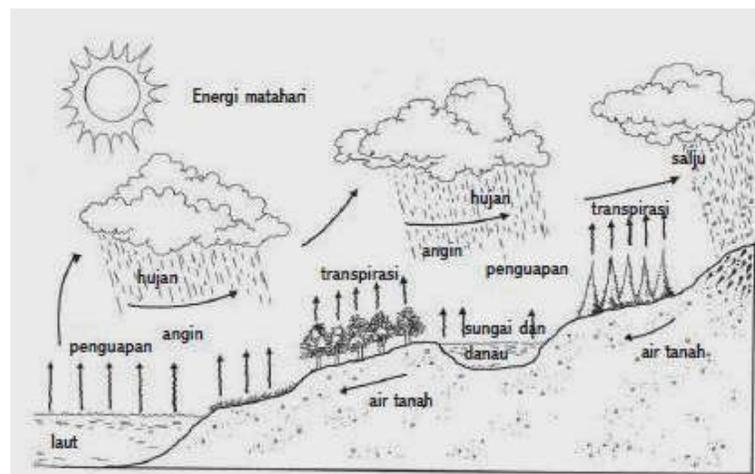
1. Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang kejadian, perputaran, dan penyebaran air di atmosfer dan di permukaan bumi serta di bawah permukaan bumi. Air dianggap sebagai bagian dari unsur utama bersama-sama dengan bumi, udara, dan api. Demikian juga di Indonesia, pengetahuan tentang air, terutama aliran sungai telah menjadi unsur yang penting dalam merencanakan tata ruang pada zaman kerajaan Sriwijaya dan Majapahit sesuai perkembangan teknologi di zaman itu. Pergerakan air di bumi, secara umum dapat dinyatakan sebagai suatu rangkaian kejadian yang

biasanya disebut siklus hidrologi. Siklus ini dapat dilukiskan secara skematik ditunjukkan pada Gambar 2.2. Siklus hidrologi merupakan suatu sistem yang tertutup, dalam arti bahwa pergerakan air pada sistem tersebut selalu tetap berada di dalam sistemnya. Siklus hidrologi terdiri dari enam sub sistem yaitu:

1. Air di atmosfer.
2. Aliran permukaan.
3. Aliran bawah permukaan.
4. Aliran air tanah.
5. Aliran sungai/saluran terbuka.
6. Air di lautan.

Air di lautan, oleh karena adanya radiasi matahari maka air tersebut akan menguap ke dalam atmosfer. Uap air akan berubah menjadi hujan karena proses pendinginan. Sebagian air hujan jatuh di permukaan akan menjadi aliran permukaan.



Gambar 2.2. Sketsa siklus Hidrologi (Soewarno, 2013).

Sebagian air hujan yang tertahan oleh tumbuh-tumbuhan dan sebagian lagi yang jatuh langsung ke dalam laut dan danau akan menguap kembali ke dalam atmosfer (Soewarno, 2013).

2. Penguapan (Evaporasi)

1.1 Peristiwa Penguapan

Peristiwa air atau es menjadi uap dan naik ke udara disebut penguapan dan berlangsung tidak berhenti-henti dari permukaan air, permukaan tanah, padang rumput, persawahan, hutan, dan lain-lain. Penguapan ini terjadi pada tiap keadaan suhu, sampai udara di atas permukaan menjadi jenuh dengan uap. Tetapi kecepatan dan jumlah penguapan tergantung dari suhu, kelembaban, kecepatan angin, dan tekanan atmosfer (Sosrodarsono, 1978).

1.2 Fisika Evaporasi

Bila seseorang memandang permukaan air yang sama sekali bebas dan menambahkan pada tubuh air suatu masukan energi panas, maka energi kinetik molekul air akan naik. Pada suatu waktu tertentu, energi kinetik ini akan begitu tinggi sehingga beberapa molekul air akan mampu keluar melalui antarmuka cairan-gas. Jumlah panas yang diserap oleh suatu massa air ketika berubah dari keadaan cair ke uap pada suatu suhu konstan. Jika molekul-molekul keluar, energi kinetiknya menurun dan karenanya tidak dapat masuk kembali ke dalam cairan dan mulai mengakumulasi di udara di atas antarmuka cairan-gas. Dengan demikian,

penguapan yang terus-menerus akan menyebabkan peningkatan tekanan uap yang terus-menerus juga di udara tepat di atas permukaan air, hingga akhirnya kondensasi dimulai (Seyhan, 1990).

1.3 Faktor yang Mengontrol Proses Penguapan

Tingkat (laju) penguapan berubah-ubah, tergantung pada faktor-faktor meteorologi dan keadaan permukaan yang menguap. Banyak dari pembahasan faktor meteorologi yang berikut ini dituliskan dalam bentuk penguapan dari permukaan air yang bebas. Perluasan pada bahan-bahan yang dapat diterapkan untuk permukaan lain yang berhubungan dengan hidrologi.

1. Faktor-faktor meteorologi

Bila penguapan alamiah dipandang sebagai suatu proses pertukaran energi, maka dapat diperlihatkan bahwa radiasi jelas merupakan satu-satunya faktor terpenting dan bahwa istilah penguapan akibat matahari (*solar evaporation*) pada dasarnya dapat dipakai. Pengaruh relatif dari faktor meteorologi yang sungguh-sungguh tepat sulit untuk dievaluasi dan setiap kesimpulan harus dikualifikasi dalam periode waktu yang bersangkutan. Laju penguapan dipengaruhi oleh radiasi matahari, temperatur udara, tekanan uap, angin, dan secara minimal oleh tekanan atmosfer. Oleh karena radiasi matahari merupakan faktor penting, maka penguapan juga bervariasi menurut garis lintang, musim, waktu dalam hari, dan kondisi langit.

2. Sifat permukaan benda yang menguap

Laju penguapan dari suatu permukaan tanah jenuh kira-kira sama dengan laju penguapan dari suatu permukaan air pada temperatur yang sama. Pada saat tanah mulai mengering, penguapan berkurang dan temperatur naik guna mencapai keseimbangan energi. Akhirnya penguapan terhenti sama sekali, karena tidak ada mekanisme yang efektif untuk membawa air dari kedalaman yang cukup.

3. Pengaruh kualitas air

Pengaruh keasinan (salinitas) atau benda padat yang terlarut ditimbulkan oleh kurangnya tekanan uap pada larutan yang bersangkutan. Tekanan uap air laut (35.000 bpg*garam yang terlarut) kira-kira 2% lebih kecil dari air murni pada temperatur yang sama (Linsley dkk., 1996).

3. Beberapa Pengertian yang Berhubungan dengan Air

3.1 Air

Air adalah zat atau materi atau unsur yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi. Air dapat berupa wujud zat cair atau sebutannya “air” dapat berupa benda padat yang disebut “es” dan dapat pula berupa gas yang dikenal dengan nama “uap air”. Perubahan fisik bentuk air ini tergantung dari lokasi dan kondisi alam. Ketika dipanaskan sampai 100°C maka air akan mendidih sehingga terjadi proses penguapan dan akan timbul berupa uap air. Pada suhu

tertentu uap air berubah kembali menjadi air. Pada suhu dingin di bawah 0°C air berubah menjadi benda padat yang disebut es.

Air dapat juga berupa air tawar (*fresh water*) dan dapat juga berupa air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti siklus keseimbangan atau hidrologi (Kodoatie dan Sjarief, 2010).

3.2 Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut adalah 3%. Dengan keadaan ini maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum (Sutrisno dan Eni, 2010). Vulkan dan Verlag (1978) mengemukakan bahwa kadar garam air laut bervariasi menurut lokasinya yaitu 7-43 psu. Kadar garam pada berbagai air laut yang ada di dunia dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1. Kadar garam pada air laut di dunia.

No.	Nama Laut/Samudera	Kadar Garam (psu)
1	Laut Baltik	7
2	Laut Kaspia	13
3	Laut Pasifik	33,6
4	Laut Merah/Teluk Arab	43
5	Laut Atlantik	36
6	Laut Hindia	33

(Sumber: Vulkan dan Verlag, 1978)

3.3 Air Minum dan Syarat-Syaratnya

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, pasal 1 menyatakan bahwa “Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan langsung diminum” dan pasal 3 menyatakan bahwa “Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan”.

Syarat-syarat air minum pada umumnya ditentukan pada beberapa standar yang beberapa negara berbeda-beda menurut:

1. Kondisi negara masing-masing.
2. Perkembangan ilmu pengetahuan.
3. Perkembangan teknologi.

Dari segi kualitas, air minum harus memenuhi:

1. Syarat Fisik
 - a. Air tak boleh berwarna.
 - b. Air tak boleh berasa.
 - c. Air tidak boleh berbau.
 - d. Suhu air hendaknya di bawah sela udara (sejuk $\pm 25^{\circ}\text{C}$).
 - e. Air harus jernih.

Syarat-syarat kekeruhan dan warna harus dipenuhi oleh setiap jenis air minum dimana dilakukan penyaringan dalam pengolahannya. Kadar

yang diisyaratkan dan tidak boleh dilampaui ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2. Syarat fisik air minum.

	Kadar (bilangan) yang diisyaratkan	Kadar (bilangan) yang tidak boleh dilampaui
Keasaman sebagai pH	7,0 – 8,5	Di bawah 6,5 dan di atas 9,5
Bahan-bahan padat	Tak melebihi 50 mg/l	Tak melebihi 1.500 mg/l
Warna (skala Pt CO)	Tak melebihi kesatuan	Tak melebihi 50 kesatuan
Rasa	Tak mengganggu	
Bau	Tak mengganggu	

(Sumber: Sutrisno dan Eni, 2010).

2. Syarat-syarat kimia

Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang telah ditentukan.

3. Syarat-syarat bakteriologik

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (patogen) sama sekali dan tak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan coli melebihi batas-batas yang telah ditentukan yaitu 1 Coli/100 ml air. Bakteri patogen yang mungkin ada dalam air antara lain adalah:

a. *Bakteri typhsum.*

b. *Vibrio colerae.*

c. *Bakteri dysentriae.*

d. *Entamoeba histolytica*.

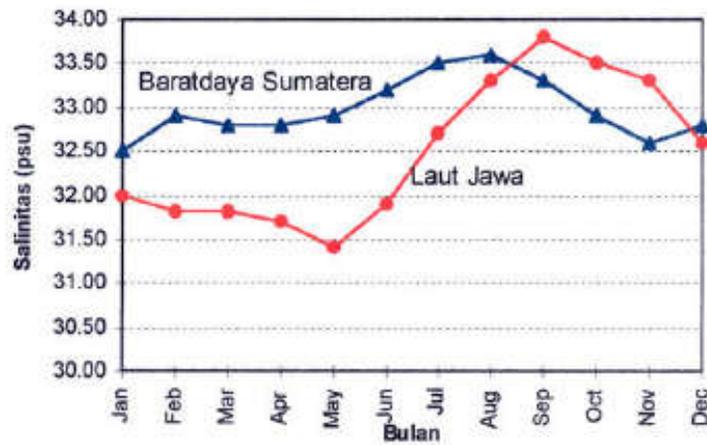
e. *Bakteri enteritis* (penyakit perut).

Dalam pemeriksaan bakteriologik, tidak langsung diperiksa apakah air itu mengandung bakteri patogen, tetapi diperiksa dengan indikator bakteri golongan Coli (Sutrisno dan Eni, 2010).

4. Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut. Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, salinitas dinyatakan dalam satuan psu atau promil (‰). Nilai salinitas perairan tawar biasanya kurang dari 0,5 ‰ – 30 ‰ dan perairan laut 30 ‰ – 40 ‰. Keragaman salinitas dalam air laut akan mempengaruhi jasad-jasad hidup akuatik berdasarkan kemampuan pengendalian berat jenis dan keragaman tekanan osmotik. Salinitas air berpengaruh terhadap tekanan osmotik air, semakin tinggi salinitas maka akan semakin besar pula tekanan osmotiknya (Widiadmoko, 2013).

Perubahan nilai salinitas rata-rata bulanan di perairan sebelah barat daya Sumatera dan Laut Jawa disajikan pada Gambar 2.3. Salinitas permukaan di perairan ini berkisar antara 32,50 – 33,60 psu, dimana salinitas minimum ditemui pada bulan Januari dan nilai maksimum terjadi pada bulan Agustus.



Gambar 2.3. Salinitas permukaan rata-rata bulanan (psu) di barat daya Sumatera dan Laut Jawa.

Pada bulan Februari salinitas di perairan ini meninggi mencapai 32,90. Diperkirakan kisaran salinitas di perairan pantai barat dan timur Lampung tidak akan berbeda dengan yang tersaji pada Gambar 2.3 (Wyrтки, 1961).

5. Perpindahan Panas

5.1 Konduktivitas Termal

Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Panas mengalir secara konduksi dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah. Energi berpindah secara konduksi berbanding dengan gradien suhu normal.

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.2)$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas atau tetapan kesebandingan, maka:

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.3)$$

dimana q adalah laju perpindahan kalor dan $\partial T/\partial x$ merupakan gradien suhu ke arah perpindahan kalor. Konstanta positif k disebut konduktivitas termal. Sedangkan tanda minus diselipkan agar memenuhi hukum termodinamika yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu (Rao, 2001).

Nilai konduktivitas termal beberapa bahan ditunjukkan pada Tabel 2.4, untuk memperlihatkan urutan besaran yang mungkin didapatkan dalam praktik. Pada umumnya konduktivitas termal itu sangat tergantung pada suhu.

Tabel 2.3. Konduktivitas termal berbagai bahan logam pada 0°C.

Bahan logam	Konduktivitas termal	
	W/m °C	Btu/h ft °F
Perak (murni)	410	237
Tembaga (murni)	385	223
Aluminium (murni)	202	117
Nikel (murni)	93	54
Besi (murni)	73	42
Baja karbon, 1% C	43	25
Timbal (murni)	35	20,3
Baja krom-nikel (18% Cr, 8% Ni)	16,3	9,4

(Sumber: Holman, 1997)

Aliran kalor dinyatakan dalam watt, satuan untuk konduktivitas termal itu adalah watt per meter derajat Celcius ($W/m \text{ } ^\circ C$). Perhatikan juga bahwa bahan logam di atas terlibat laju kalor dan nilai angka konduktivitas termal menunjukkan berapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu (Holman, 1997).

5.2 Konveksi

Udara yang mengalir di atas suatu permukaan panas, misalnya dalam saluran baja sebuah alat pemanas udara surya dipanasi secara konveksi. (Som, 2008).

Pada umumnya, perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan pendinginan Newton sebagai berikut.

$$q = h.A.(T_w - T) \quad (2.4)$$

dimana:

h = Koefisien konveksi ($W/m^2 \cdot ^\circ K$)

A = Luas permukaan (m^2)

T_w = Temperatur air ($^\circ K$)

T = Temperatur lingkungan ($^\circ K$)

5.3 Radiasi

Berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, dimana perpindahan energi terjadi melalui bahan perantara, kalor juga dapat berpindah melalui daerah-daerah hampa. Mekanismenya adalah sinaran atau radiasi elektromagnetik. Ilmu termodinamika menunjukkan bahwa

radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan.

Suatu masalah radiasi sederhana dapat ditemukan bila kita mempunyai suatu permukaan perpindahan kalor pada suhu T_1 yang sebelumnya terkurung oleh permukaan lain yang jauh lebih luas yang berada pada suhu T_2 . Pertukaran radiasi netto dalam hal ini dapat dihitung dengan persamaan 2.5 berikut.

$$q = \epsilon_1 \sigma A_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.5)$$

dimana σ adalah konstanta proporsionalitas atau biasa disebut konstanta Stefan-Boltzmann dengan nilai $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ dan A adalah luas bidang. Persamaan (4) disebut hukum Stefan-Boltzmann tentang radiasi termal (Holman, 1997).

6. Tenaga Surya

Tenaga matahari atau yang biasa disebut tenaga surya (*solar energy*) merupakan energi yang bersumber dari sinar matahari. Energi ini merupakan energi murah dan melimpah di daerah tropis seperti di Indonesia. Melimpahnya tenaga surya yang merata dan terdapat di seluruh kepulauan di Indonesia hampir sepanjang tahun sebenarnya merupakan sumber energi yang sangat potensial. Persediaan alamiah energi panas matahari yang *sustainable* telah lebih dari cukup jika dimanfaatkan secara maksimal (Hasyim, 2006).

Pemanfaatan energi surya harus mempertimbangkan sifat-sifat fisika dari sinar matahari. Ada beberapa aspek fisika yang harus diperhatikan diantaranya: porsi serapan cahaya (*absorbivity*), porsi pantulan (*reflectivity*), porsi terusan (*transmissivity*), daya pancar (*emisivity*), aliran energi cahaya (*radian flux*), kerapatan aliran energi cahaya (*radiant flux density*), intensitas terpaan (*irradiance*), dan intensitas pancaran cahaya (*emittance*). Tenaga surya pada dasarnya adalah sinar matahari yang merupakan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang yang tampak dan yang tidak tampak, yakni mencakup spektrum cahaya inframerah sampai dengan cahaya ultraviolet. Masing-masing spektrum cahaya matahari memiliki panjang gelombang, frekuensi, dan energi yang berbeda (Lakitan, 2004). Uraian rincian tentang hal ini ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut.

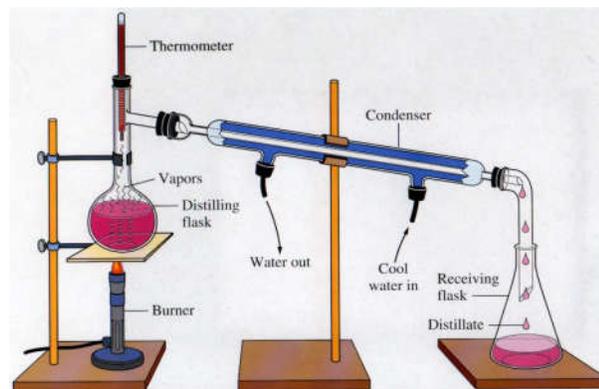
Tabel 2.4. Karakteristik cahaya penyusun sinar matahari.

Jenis Cahaya	Rentang panjang gelombang (nm)	Panjang gelombang representative (nm)	Frekuensi (10^{14} Hertz)	Energi (kJ mol^{-1})
Ultraviolet	<400	254	11,80	471
Violet	400-425	410	7,31	292
Biru	425-490	460	6,52	260
Hijau	490-560	520	5,77	230
Kuning	560-585	570	5,26	210
Jingga	585-640	620	4,84	193
Merah	640-740	680	4,41	176
Inframerah	>740	1400	2,14	85

(Sumber: Lakitan, 2004).

7. Destilasi Tenaga Surya

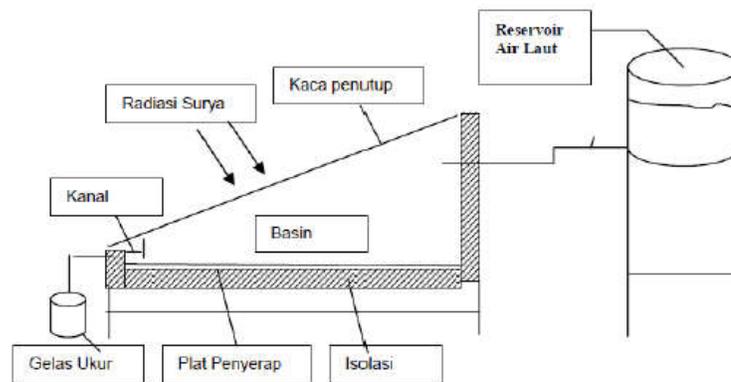
Destilasi merupakan istilah lain dari penyulingan, yaitu proses pemanasan suatu bahan pada berbagai temperatur, tanpa kontak dengan udara luar untuk memperoleh hasil tertentu. Penyulingan adalah perubahan dari bentuk cair ke bentuk gas melalui proses pemanasan cairan tersebut, dan kemudian mendinginkan gas hasil pemanasan, untuk selanjutnya mengumpulkan tetesan cairan yang mengembun (Cammack, 2006). Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia edisi II (1995) penyulingan diartikan sebagai proses mendidihkan zat cair dan mengembunkan uap serta menampung embun di dalam wadah yang lain., seperti pada Gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4. Destilasi sederhana (Putri, 2012).

Destilasi tenaga surya dibuat dengan tadahan-tadahan air sebagai tempat menuangkan air yang akan di destilasi. Tadahan-tadahan tersebut berhubungan melalui pipa penghubung dan disusun sedemikian rupa sehingga saling bersambung dan saling membawahi sehingga membentuk sudut kemiringan tertentu. Hal ini menyebabkan air bisa mengalir dari penadah atas

ke bawah akibat gaya gravitasi. Pada bagian atas, susunan tadahan tersebut ditutup dengan transparan (kaca, mika, aktilik, plastik). Dengan demikian, cahaya matahari dapat masuk memanaskan air, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Uap air yang terbentuk naik ke atas dan akibat terhalang oleh permukaan bawah/dalam penutup yang memiliki temperatur yang lebih rendah, berakibat uap air terkondensasi membentuk butir-butir air (kondesat). Karena posisi pemasangan penutup dibuat miring, butir-butir kondensat tersebut mengalir sepanjang penutup dan jatuh di bagian ujung untuk selanjutnya ditampung (Bilad, 2009).



Gambar 2.5. Destilasi surya tipe satu permukaan kaca miring (Sumber: Mulyanef dkk., 2006).

Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman telah mengembangkan destilator tenaga surya atap kaca sebagai teknologi terapan untuk penyulingan air laut. Alat ini cocok untuk daerah pantai dan daerah sulit air. Data teknis dan spesifikasi alat yang dikembangkan adalah terdiri dari pengumpul kalor, kaca penutup, kanal kondensat, kotak kayu, dan sistem isolasi.

Keunggulan dalam penggunaan teknologi destilasi air laut dengan menggunakan tenaga energi matahari yaitu mempunyai konstruksi sederhana, mudah dioperasikan, menggunakan energi radiasi matahari secara gratis, dan bahan-bahan dari peralatan ini mudah didapatkan dengan harga yang relatif murah (Dahlan, 2004). Vulkan dan Verlag (1978) mengingatkan bahwa untuk pembuatan instalasi destilator yang terpenting harus tidak korosif, murah, praktis, dan awet.

8. Efisiensi Alat Destilasi

Besar efisiensi dari suatu alat destilasi dinyatakan dengan perbandingan antara produksi air aktual dengan intensitas tenaga surya. Intensitas cahaya matahari mengenai kaca penutup sebagian diserap oleh kaca penutup dan sebagian lagi di transmisikan masuk ke dalam kolektor. Intensitas tersebut diserap oleh air yang berada di bak (Ozisik, 1985).

Efisiensi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara perpindahan panas pada alat destilasi dengan evaporasi kondensasi terhadap besarnya radiasi matahari, dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\eta_i = \frac{q_e}{G} \quad (2.6)$$

dimana q_e = Panas yang dibutuhkan untuk evaporasi (J) (Duffie and William, 2013).

Untuk efisiensi harian yang dihasilkan oleh destilasi tenaga surya dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{m_D \cdot h_{fg}}{A \cdot G \cdot t} \times 100 \% \quad (2.7)$$

Keterangan:

m_D = Laju aliran massa produk destilasi per hari (kg)

h_{fg} = Panas laten penguapan penguapan (J/kg)

G = Radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas permukaan (m^2)

t = Lama waktu pengujian (s) (Mulyanef, 2007).

Salah satu alasan utama yang melatar belakangi rendahnya efisiensi *solar still* (peralatan pemurnian air tenaga matahari), karena sekitar 30-40% adalah kehilangan panas laten kondensasi ke lingkungan dan panas laten yang terbuang oleh kondensat (Al-Kharabsheh dan Yogi, 2003).

BAB III
METODELOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan Desember 2017.

Jadwal pelaksanaan penelitian ini akan diestimasikan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1. Jadwal pelaksanaan penelitian.

No	Program Kerja	Bulan							
		Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
1	Perancangan Alat								
2	Pembuatan Alat								
3	Penguji alat dan Pengambilan data								
4	Analisis data								
5	Pembuatan Laporan								

Kegiatan penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu perancangan dan pembuatan alat, uji coba dan pengambilan data, dan analisis hasil. Tahap perancangan dan pembuatan alat dilaksanakan dari bulan Mei sampai dengan

September 2017 di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

Tahap uji coba dan pengambilan data dilakukan di tempat terbuka yang langsung terkena sinar matahari dengan sampel air laut yang diambil dari Pantai daerah Lempasing Pesawaran Lampung. Tahap ini dilakukan pada bulan Oktober 2017.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses perancangan dan pembuatan alat adalah sebagai berikut.

1. Pemotong digunakan untuk memotong akrilik transparan.
2. Gunting digunakan untuk memotong aluminium dan aluminium foil
3. Gergaji digunakan untuk memotong kayu dan paralon.
4. Busur derajat digunakan untuk menentukan kemiringan atap alat destilasi tenaga surya.
5. *Roll* meter dan penggaris digunakan untuk pengukuran bahan-bahan yang digunakan.
6. Amplas digunakan untuk menghaluskan akrilik dan aluminium.
7. Kuas digunakan untuk mengecat aluminium sebagai media *absorber* atau penyerapan panas.
8. Karpet talang berwarna hitam dengan ketebalan 1 mm digunakan untuk bak penjemuran alat destilasi.

9. Akrilik transparan dengan ketebalan 3 mm digunakan untuk pembuatan bagian atap alat destilasi tenaga surya.
10. Plat aluminium dengan ketebalan 1 mm digunakan untuk media *absorber*/penyerapan panas.
11. Kayu digunakan untuk pelapis alat destilasi bagian paling luar.
12. *Sterofom* digunakan sebagai isolator untuk mengurangi kehilangan energi panas ke lingkungan.
13. Aluminium *foil* digunakan sebagai isolator untuk mengurangi kehilangan energi panas ke lingkungan.
14. Paralon digunakan untuk mengaliri air laut ke alat destilasi dan air hasil destilasi ke botol plastik.
15. Lem kayu, lem *foxy*, *double tip*, lakban digunakan untuk merekatkan bahan-bahan.
16. Cat hitam digunakan untuk melapisi aluminium sebagai media *absorber* atau penyerapan panas.

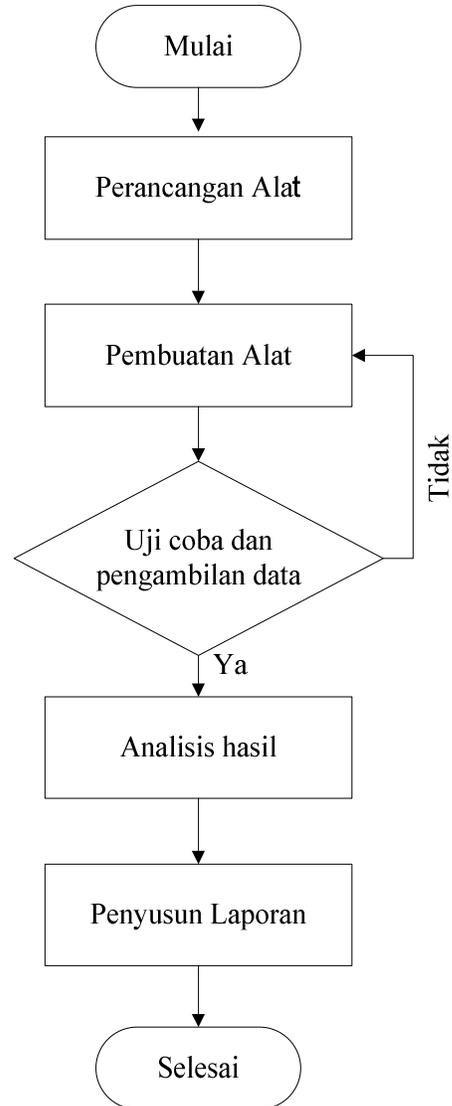
Sedangkan alat dan bahan yang digunakan dalam uji coba alat dan pengambilan data adalah sebagai berikut.

1. Termometer dan termokopel digital digunakan untuk mengukur temperatur penguapan, temperatur *cover*, dan temperatur lingkungan.
2. Termometer infrared digunakan untuk mengukur temperatur air laut di dalam alat destilasi dan temperatur *absorber*,
3. *Luxmeter* digunakan untuk mengukur intensitas matahari.
4. Refraktometer analog digunakan untuk mengukur salinitas air.
5. Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air hasil destilasi.

6. Jam digital digunakan untuk pewaktuan ketika pengambilan data
7. Lembar data digunakan untuk tempat menulis data yang didapatkan.
8. Pulpen digunakan untuk menulis data yang didapatkan.
9. Botol plastik digunakan untuk penampung keseluruhan air hasil destilasi.
10. Ember besar digunakan sebagai reservoir air laut.
11. Air Laut.

C. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan antara lain perancangan dan pembuatan alat, uji coba dan pengambilan data, dan analisis hasil. Secara keseluruhan, pembuatan alat destilasi tenaga matahari ini disajikan dalam diagram alir yang ditunjukkan seperti pada Gambar 3.1 berikut.



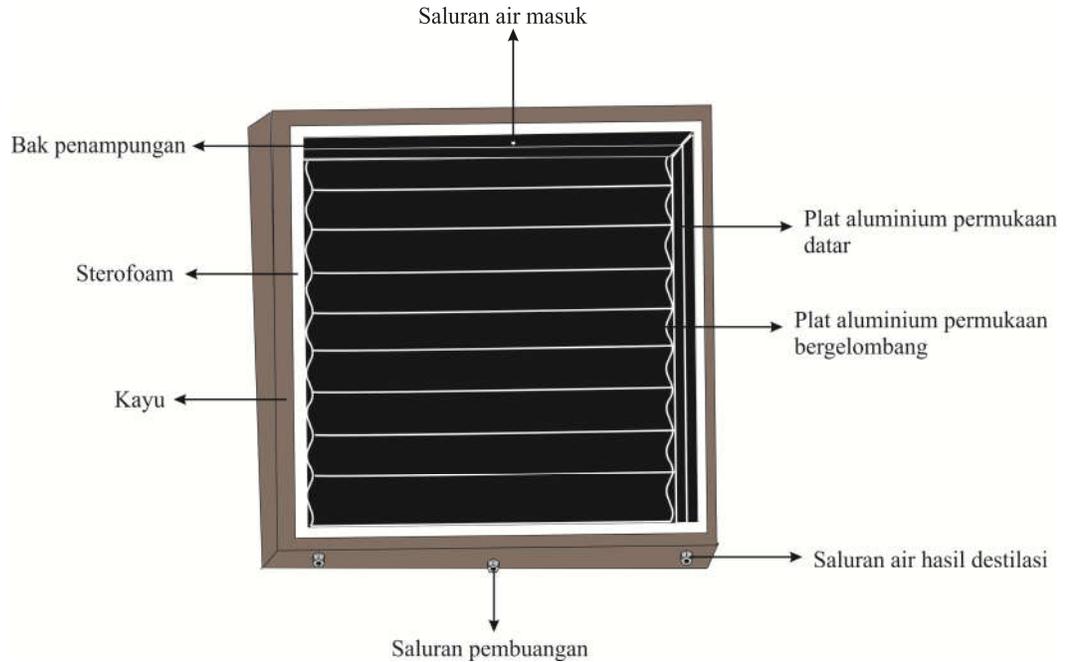
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

Tujuan dilakukannya tahapan-tahapan prosedur alat destilasi ini yaitu untuk menghasilkan alat destilasi yang sesuai dan bekerja dengan baik. Setelah mempelajari dan memahami sistem kerja alat yang akan dibuat, selanjutnya merancang dan mulai membuat alat. Kemudian menguji alat destilasi yang dihasilkan dapat bekerja dengan baik atau tidak dengan cara pengambilan data yang diperlukan. Jika keduanya telah berhasil dan berfungsi dengan baik,

maka dilakukan analisis hasil dan penyusunan laporan. Tetapi jika tahap uji coba dan pengambilan data tidak berhasil maka dilakukan pengecekan alat kembali untuk mengetahui kesalahan yang terdapat pada saat pembuatan alat agar tidak terjadi masalah secara berulang saat uji coba dan pengambilan data. Adapun secara terperinci tahap-tahapan tersebut sebagai berikut.

1. Perancangan dan Pembuatan alat

Pengerjaan alat dilakukan ke dalam beberapa tahap yang mencakup perancangan dan pembuatan alat. Perancangan dilakukan terlebih dahulu dengan membuat rancangan realisasi alat destilasi dan pemilihan bahan yang akan digunakan, lalu dibuat alat sesuai dengan rancangan tersebut. Alat destilasi tenaga matahari merupakan alat yang menggunakan teknik evaporasi yang terdiri dari dua bagian utama yaitu bak penampungan dan ruang evaporasi. Bak penampungan merupakan tempat terjadinya proses perpindahan panas dari lingkungan yang masuk ke dalam alat destilasi lalu akan memanaskan air laut yang ada di dalamnya, untuk bak penjemuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.2 berikut.

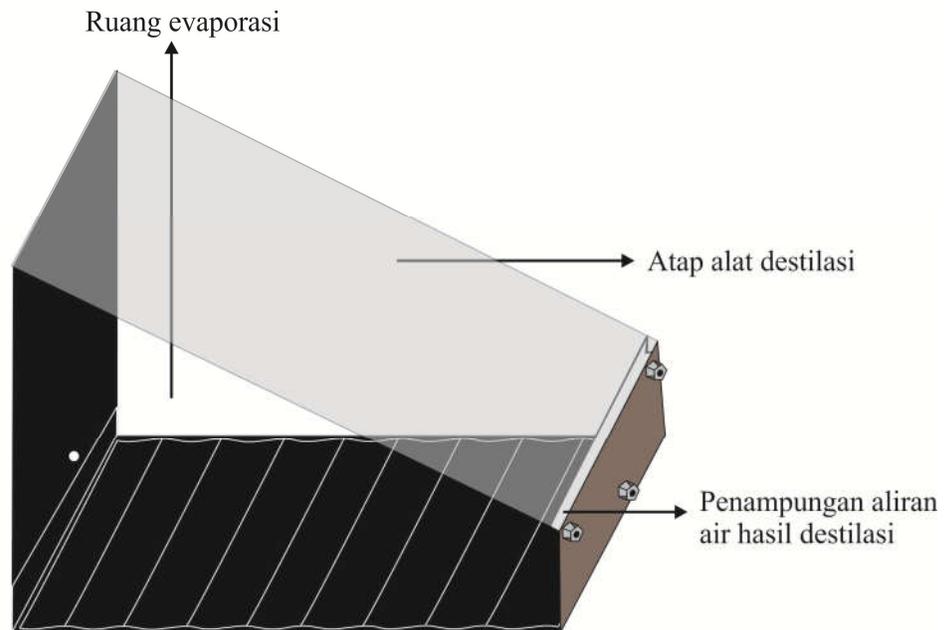


Gambar 3.2. Bak penampungan dari alat destilasi.

Fungsi utama dari bak penampung adalah sebagai tempat menampung air laut untuk mengalami proses destilasi. Bak penampungan terbuat dari bahan karpet talang dengan ketebalan 1 mm dan luas alasnya yaitu 100 cm x 100 cm atau 1 m² dan tinggi 20 cm. Penggunaan bak penampung yang terbuat dari bahan karpet talang digunakan untuk menghindari korosi yang disebabkan oleh air laut. Selain itu, bak penampung juga dilapisi oleh *sterofoam* yang sudah dilapisi dengan aluminium foil dan bagian paling luarnya ditutupi dengan kayu untuk bagian bawah dan dinding alat destilasi, hal ini berguna sebagai isolator atau untuk mengurangi kehilangan energi panas ke lingkungan ketika proses penguapan. Pada bak penampung terdapat plat aluminium dengan tebal 1 mm yang terdapat pada alas bak penampungan berukuran 100 cm x 150 cm dibentuk bergelombang yang berfungsi sebagai *heat absorber* atau penyerap panas

dari lingkungan yang masuk ke alat destilasi, panas yang diserap kemudian dikonversi ke air laut sehingga temperatur air laut di dalam alat destilasi meningkat. Plat lainnya adalah plat yang terdapat pada dinding kedua sisi dan bagian depan alat destilasi berukuran 100 cm x 20 cm berbentuk datar yang berfungsi sebagai pemanas tambahan untuk menjaga temperatur air laut di dalam alat destilasi. Plat aluminium yang digunakan dicat warna hitam untuk meningkatkan kemampuan menyerap kalor. Pada bagian dinding belakang terdapat saluran untuk memasukan air laut ke dalam alat destilasi dan pada dinding bagian depan terdapat saluran air bersih hasil destilasi yang terbuat dari pipa dan saluran pembuangan sisa air laut setelah digunakan.

Sedangkan ruang evaporasi merupakan tempat proses air laut menguap menuju atap penutup yang selanjutnya akan mengalami proses kondensasi, ruang evaporasi tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.3 berikut.

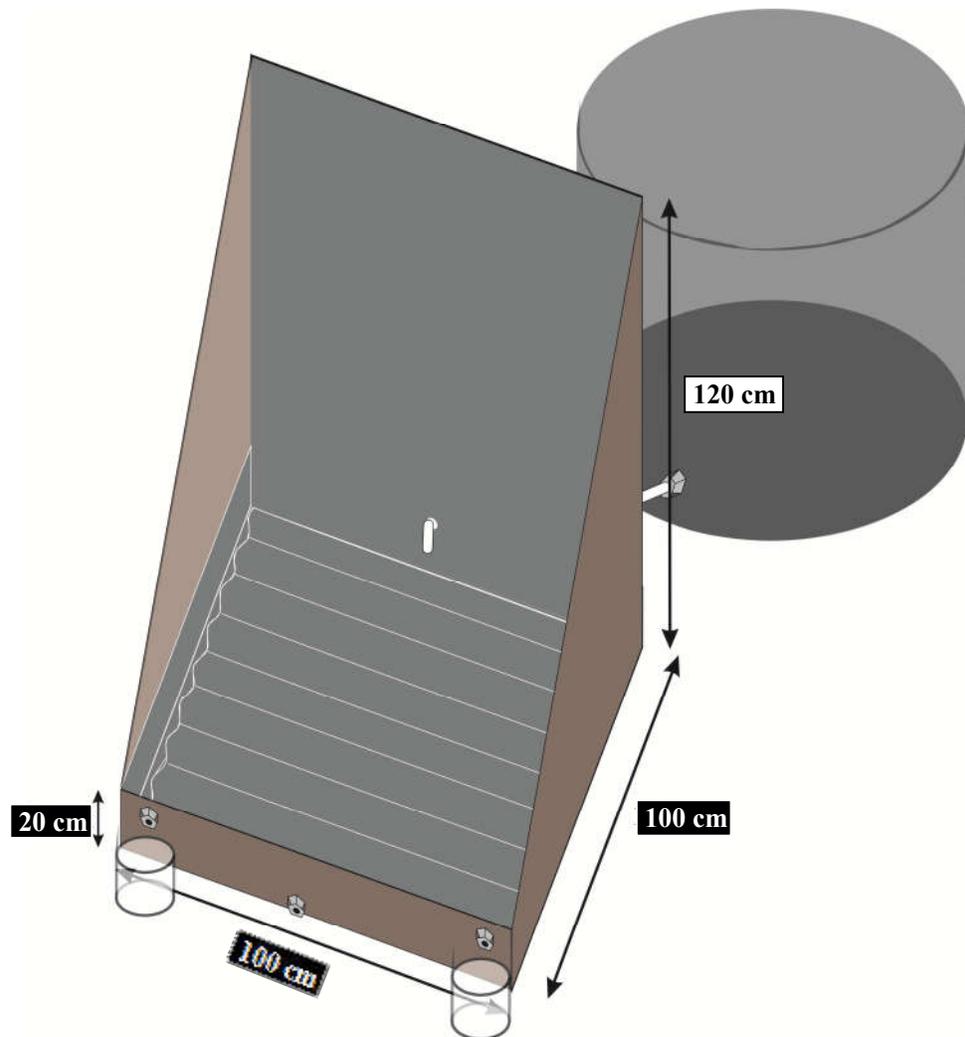


Gambar 3.3. Bagian atas alat destilasi sebagai ruang evaporasi.

Ruang evaporasi bagian atas terbuat dari bahan akrilik transparan dengan tebal 5 mm untuk menghindari terjadinya korosi sedangkan dindingnya dilapisi oleh *sterofoam* yang sudah dilapisi aluminium foil dan bagian luarnya ditutupi dengan kayu. Ruang evaporasi ini memiliki tinggi sebesar 100 cm dengan penutup bagian atas dibuat satu kemiringan dengan kemiringan 45° . Penggunaan akrilik dipilih sebagai penutup bagian atas alat destilasi dikarenakan mempunyai sifat kaku, tahan terhadap panas matahari, tidak mudah pecah, memiliki daya tembus yang baik yaitu mengizinkan 92 % cahaya buat melewatinya dan bahan yang baik untuk mengalirkan air.

Prinsip kerja alat destilasi ini melibatkan proses perpindahan panas, penguapan, dan pengembunan. Proses perpindahan panas terjadi ketika air

laut dimasukkan ke dalam bak penampungan alat destilasi dan dijemur di tempat terbuka yang langsung terkena sinar matahari. Di dalam bak penampungan terdapat plat aluminium sebagai *heat absorber* yang melakukan proses penyerapan panas dari tenaga matahari, selanjutnya plat aluminium makin lama akan menjadi panas kemudian ditransfer ke air laut sehingga air laut akan mengalami perubahan temperatur. Namun untuk memperoleh perubahan temperatur pada air laut di dalam alat destilasi agar cepat naik dilakukan dengan menggunakan metode ketinggian permukaan selalu sama dengan variasi ketinggian permukaan air adalah 2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 cm. Sistem ini memanfaatkan ketinggian air laut dibuat selalu tetap dengan keadaan *recevoir* tertutup tanpa adanya udara yang masuk pada *recevoir* dan alat destilasi. Ketika tinggi air laut pada variasi yang sudah ditentukan maka air akan berhenti mengalir. Jika air laut terus-menerus dipanaskan maka akan terjadi proses penguapan. Uap ini akan bersentuhan dengan permukaan bagian atap alat destilasi yang memiliki temperatur lebih rendah dibanding temperatur penguapan sehingga akan terjadi proses kondensasi atau pengembunan pada permukaan atap tersebut. Proses pengembunan ini menghasilkan air kondensat atau air yang bersih, kuman dan bakteri akan mati oleh proses pemanasan dan kotoran akan mengendap di dasar bak penampungan. Selanjutnya karena bagian atap alat destilasi dengan kemiringan 45° maka air bersih hasil destilasi akan mengalir ke bawah menuju pipa saluran yang kemudian ditampung oleh gelas ukur yang telah disediakan. Realisasi alat destilasi digambarkan pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4. Skema alat destilasi.

Penjelasan mengenai keterangan komponen secara keseluruhan pada alat destilasi di atas adalah sebagai berikut.

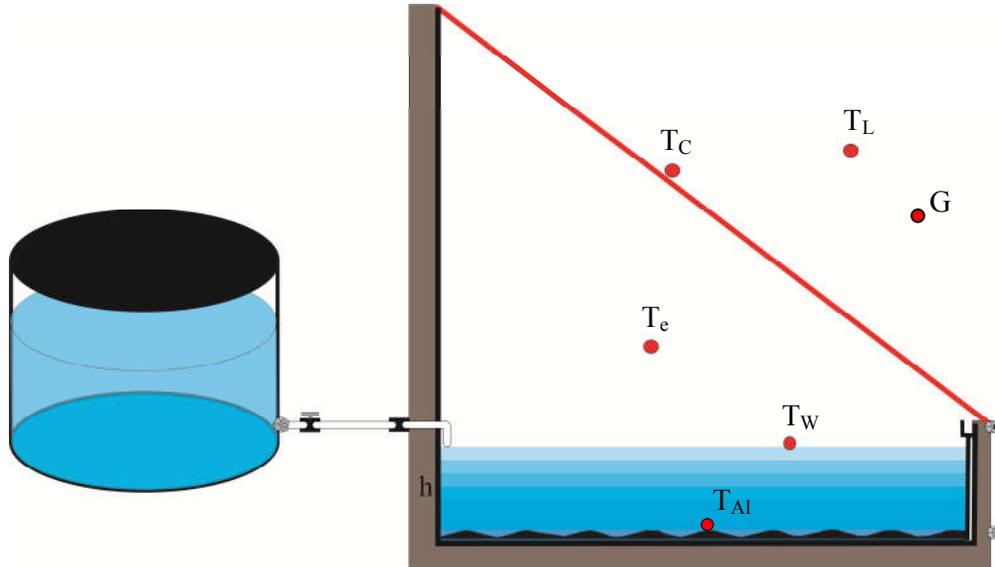
1. Bahan dari alat destilasi terbuat dari karpet talang dengan ketebalan 1 mm untuk bagian alas, dinding, dan bagian atapnya terbuat dari akrilik dengan ketebalan 3 mm.

2. Dimensi dari alat destilasi adalah panjang 100 cm, lebar 100 cm, tinggi bagian belakang 120 cm, tinggi bagian depan 20 cm, dan kemiringan bagian atap 45° .
3. Plat aluminium digunakan sebagai *heat absorber* yang berbentuk gelombang diletakan pada dasar bagian dasar bak penampungan dengan panjang 100 cm, lebar 150 cm, dan ketebalan 1 mm. Sedangkan yang berbentuk datar diletakan pada dinding kedua sisi dan bagian depan alat destilasi dengan panjang 100 cm, lebar 20 cm, dan ketebalan 1 mm.
4. Reservoir berupa ember plastik berukuran besar untuk menampung air laut sebelum disalurkan ke dalam bak penampungan alat destilasi. Reservoir air laut ini berkapasitas 30 liter dan pada bagian bawah dipasang pipa paralon yang menghubungkan ke pipa saluran untuk memasukkan air laut pada alat destilasi.
5. Pipa saluran untuk memasukan air laut yang terdapat pada dinding belakang digunakan untuk mengatur ketinggian air laut di dalam alat destilasi yang masing-masing ketinggiannya adalah 2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 cm. Ketinggian permukaan air ini diatur agar ketinggian air laut dalam keadaan selalu tetap. Sedangkan pipa saluran keluaran air bersih hasil destilasi dan pipa saluran pembuangan sisa air laut terdapat pada dinding depan alat destilasi.
6. *Sterofom* yang digunakan sebagai isolator dinding dan alas dengan ketebalan 1,5 cm.

7. Kayu dengan ketebalan 2 cm untuk pelapis bagian luar alat destilasi.
8. Dua buah gelas ukur untuk menampung air bersih yang dihasilkan dan diletakkan di bawah pipa saluran keluaran dibagian depan alat destilasi.

2. Uji Coba dan Pengambilan Data

Uji coba dan proses pengambilan data dilakukan dengan cara menggunakan air laut sebanyak 30 liter yang dimasukkan ke dalam reservoir dan disalurkan di dalam alat destilasi lalu dijemur hingga semua air laut tersebut menguap. Selama proses penjemuran dilakukan pengambilan data dengan mengukur radiasi matahari, temperatur lingkungan, temperatur air laut di dalam alat destilasi, temperatur ruang evaporasi, temperatur plat aluminium, temperatur *cover* atau bagian atap alat destilasi, dan volume air bersih hasil destilasi untuk masing-masing ketinggian permukaan air laut di dalam alat destilasi yang digunakan. Skema titik pengambilan data radiasi matahari dan temperatur pada alat destilasi ditunjukkan pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5. Skema pengambilan data.

Keterangan:

G = Intensitas radiasi matahari (Lux)

T_L = Temperatur lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

T_W = Temperatur air laut ($^{\circ}\text{C}$)

T_{Al} = Temperatur plat aluminium ($^{\circ}\text{C}$)

T_e = Temperatur ruang evaporasi (penguapan) ($^{\circ}\text{C}$)

T_C = Temperatur *cover*/bagian atap alat destilasi ($^{\circ}\text{C}$)

h = Ketinggian permukaan air laut masing-masing 2, 4, 6, 8, 9, 10, 12, dan 14 cm.

Pelaksanaan pengujian dilakukan pada pukul 09.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB. Pengujian dilakukan pada waktu tersebut karena diharapkan panas dari energi matahari dalam keadaan maksimal. Pengamatan dan pencatatan data radiasi matahari, temperatur, dan air bersih hasil destilasi dengan masing-masing variasi ketinggian permukaan air laut dilakukan

setiap 30 menit, karena sudah cukup mewakili perolehan data untuk mengetahui kecenderungan ketinggian permukaan air laut terhadap temperatur, radiasi matahari, volume air bersih hasil destilasi dan efisiensi kerja alat destilasi. Selanjutnya data intensitas matahari, temperatur, dan volume air bersih hasil destilasi disajikan ke dalam bentuk tabel hasil pengukuran berikut.

Tabel 3.2. Data pengukuran alat destilasi dengan ketinggian permukaan air laut 2 cm.

Waktu pengujian	G (x100 Lux)	T _L (°C)	T _W (°C)	T _{AI} (°C)	T _e (°C)	T _C (°C)	m _D (L)
09:00							
09:30							
10:00							
....							
....							
15:00							

3. Analisis Hasil

Setelah melakukan pengujian dan pengambilan data, selanjutnya dilakukan analisis hasil dari data yang didapatkan. Analisis ini berupa data hasil pengujian tiap variasi ketinggian air laut dan nilai efisiensi dari kerja alat destilasi menggunakan Persamaan (2.7). Kemudian hasil yang diperoleh digambarkan ke dalam bentuk grafik untuk mengetahui kecenderungan data yang terjadi. Hasil analisis pengukuran harian dan efisiensi harian alat destilasi disajikan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 berikut.

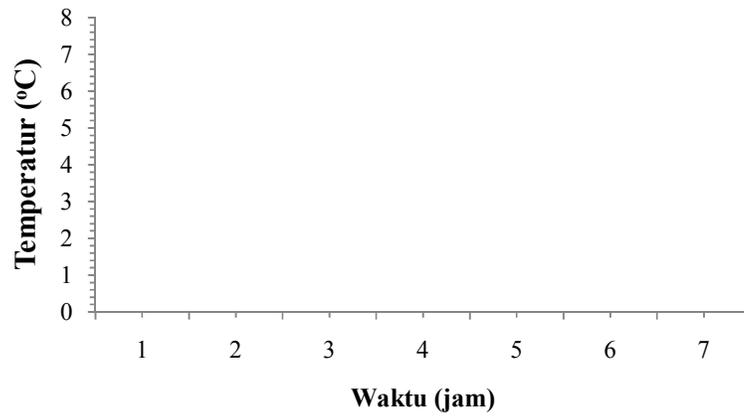
Tabel 3.3. Data pengukuran harian alat destilasi.

h (cm)	G (x100 Lux)	T _L (°C)	T _W (°C)	T _{Al} (°C)	T _e (°C)	T _C (°C)	m _D (Kg)
2							
4							
6							
8							
10							
12							
14							

Tabel 3.4. Data efisiensi harian alat destilasi.

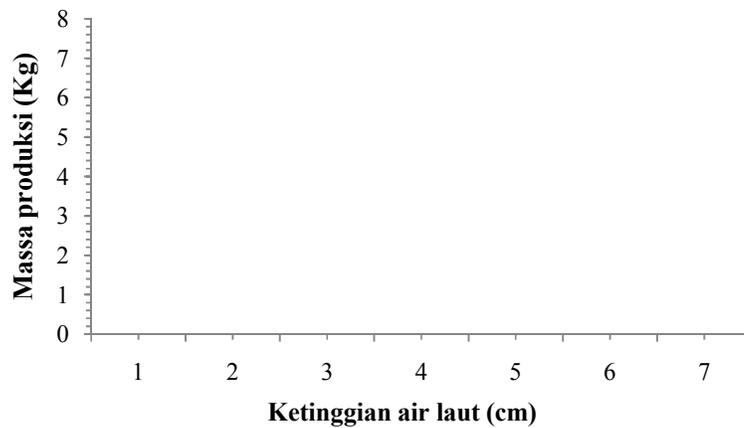
h (cm)	h _{fg} (J/kg)	m _D (kg)	A (m ²)	G (W/m ²)	t (s)	η (%)
2						
4						
6						
8						
10						
12						
14						

Setelah mendapatkan data hasil analisis kemudian disajikan ke dalam sebuah grafik. Grafik hubungan antara temperatur lingkungan, temperatur air laut di dalam alat destilasi, temperatur ruang evaporasi, dan temperatur *cover* atau atap terhadap waktu pengambilan data tiap harinya untuk masing-masing ketinggian permukaan air laut digambarkan pada Gambar 3.6 berikut.



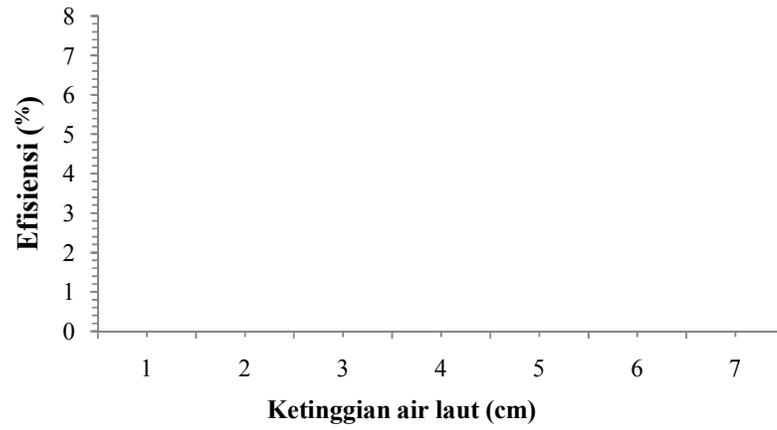
Gambar 3.6. Grafik hubungan temperatur terhadap waktu.

Pembuatan grafik hubungan antara massa produksi terhadap masing-masing ketinggian permukaan air laut di dalam alat destilasi digambarkan pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7. Grafik hubungan massa produksi terhadap ketinggian air laut.

Pembuatan grafik hubungan antara efisiensi dari kerja alat destilasi dengan masing-masing ketinggian permukaan air laut di dalam alat destilasi digambarkan pada Gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8. Grafik hubungan efisiensi terhadap ketinggian air laut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Alat destilasi air laut dengan metode ketinggian permukaan air selalu sama menggunakan energi matahari mampu menghasilkan air bersih terbanyak sebesar 0,355 liter dengan ketinggian air laut 2 cm.
2. Terjadinya proses perpindahan panas dari lingkungan ke dalam alat destilasi dengan diperolehnya kenaikan temperatur air mengakibatkan terjadi proses penguapan. Temperatur penguapan yang lebih besar dibandingkan temperatur lingkungan dan *cover* mengakibatkan terjadi proses kondensasi sehingga didapatkannya air bersih hasil destilasi.
3. Efisiensi alat destilasi air laut terbesar diperoleh dengan menggunakan ketinggian air laut 2 cm yaitu sebesar 48,07 %.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan dalam merealisasikan alat destilasi air laut ini terdapat beberapa kekurangan dan kendala. Untuk menyempurnakan alat destilasi air laut ini, ada beberapa hal yang dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Menggunakan metode yang lebih baik agar menghasilkan air bersih hasil destilasi yang lebih banyak.
2. Perlu adanya variasi luas permukaan destilasi yang berbeda agar menjadikan perbandingan untuk banyaknya air hasil destilasi.
3. Melakukan pengukuran dengan sistem otomatis menggunakan sensor suhu agar tidak mengganggu panas di dalam alat destilasi dan terjadinya pembuangan panas ke lingkungan yang sia-sia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S. 2005. Pemanfaatan Destilator Tenaga Surya (Solar Energy) Untuk Memproduksi Air Tawar Dari Air Laut. *Laporan Penelitian Sekolah Pascasarjana Universitas Gajah Mada*. Yogyakarta.
- Al-Kharabsheh, S., dan D. Yogi Goswami. 2003. Analysis of an Innovative Water Desalination System Using Low-Grade Solar Heat. *Journal Elsevier Science*. Desalination 156. Pp 323-332.
- Astawa, K. 2008. Pengaruh Penggunaan Pipa Kondensat Sebagai *Heat Recovery* Pada *Basin Type Solar Still* Terhadap Efisiensi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*. Vol. 2 No. 1. Hal 34-41.
- Astawa, K., Sucipta, M., dan I Putu G. A. Negara. 2011. Analisa Performasi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. Vol. 5 No. 1. Hal 7-13.
- Atharis, Y. 2008. Tingkat Kepuasan Nelayan Terhadap Pelayan Penyediaan Kebutuhan Melaut Di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Bungus Sumatera Barat. *Skripsi*. Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Bilad, M. R. 2005. *Teknologi Destilator Surya Untuk Produksi Air Bersih*. <http://www.sasak.org/2009/04/teknologi-distilator-surya-untuk-produksi-air-bersih/>. 10 Desember 2016.
- Cammack, R. 2006. *Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology*. Oxford University Press. New York.
- Dahlan. 2004. Pemanfaatan Renewable Energi Untuk Penyediaan Air Bersih. *Kursus Singkat Eksplorasi dan Pengolahan Air Layah Konsumsi Daerah Pesisir Dengan Metode Fisika*. UNHAS. Makassar.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1995. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi II*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Balai Pustaka. Jakarta.

- Duffie, J. A., and William A. Beckman. 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes Fourth Editio*. John Wiley & Sons. New York.
- Haar, L., et. al. 1984. *Properties of Steam (SI Units)*. Hemisphere Publishing. New York.
- Hasyim, I. 2006. *Siklus Krisis di Sekitar Energi*. Proklamasi Pub. House. Michigan.
- Hidayat, R. R. 2011. Rancang Bangun Alat Pemisah Garam dan Air Tawar Menggunakan Energy Matahari. *Skripsi*. Departemen Ilmu dan Teknologi-IPB. Bogor.
- Himran, S. 2005. *Energi Surya*. CV Bintang Lamumpatue. Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Holman, J. P. 1997. *Perpindahan Panas, Edisi Keenam*. Erlangga. Jakarta.
- Ismail, N. R. 2010. Pengaruh Bentuk Cover Terhadap Produktivitas dan Efisiensi Solar Still. *Jurnal Teknologi*. Vol. 3 No. 1. Hal 70-74.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*. Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta
- Kodoatie, R. J. dan Sjarief Roestam. 2010. *Tata Ruang Air*. Andi. Yogyakarta.
- La Aba. 2007. Karakteristik Permukaan Absorber Radiasi Matahari Pada *Solar Still* dan Aplikasinya Sebagai Alat Destilasi Air Laut menjadi Air Tawar. *Jurnal Sains MIPA*. Vol. 13 No. 3. Hal 201-205.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-Dasar Klimatologi*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lasabuda, R. 2013. Pembangunan Wilayah Pesisir Dan Lautan Dalam Perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*. Vol. I-2. Hal 92-101.
- Linsley, R. K., Kahler, M. A., dan Joseph L. H. Paulhus. 1988. *Hydrology for Engineers*. McGraw-Hill Book Company. London.
- Mulyanef. 2007. Prestasi Sistem Desalinasi Tenaga Surya Menggunakan Berbagai Tipe Kaca Penutup Miring. *Jurnal Teknos-2k*. Vol. 7 No. 1. Hal 13-17.
- Mulyanef, Burmawi, dan Muslimin K. 2014. Pengolah Air Laut Menjadi Air Bersih dan Garam Dengan Destilasi Tenaga Surya. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 4 No. 1. Hal 25-29.

- Mulyanef, Marsal, Arman, R., dan K. Sopian. 2006. *Sistem Distilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Kolektor Plat Datar Dengan Tipe Kaca Penutup Miring*. Publications on ResearchGate. 15 Desember 2017.
- Ozisik, M. N. 1985. *Heat Transfer a Basic Approach*. Mc. Graw-Hill Book Company. London.
- Rao, Y. V. 2001. *Heat Transfer*. Universities Press. New Delhi.
- Romimohtarto, K. 2017. *Kualitas Air dalam Budidaya Laut. Seafarming workshop report*. Diakses pada tanggal 18 April 2017 pukul 14.28 WIB.
- Santosa, I., Wibowo, A., dan Galuh Renggani Wilis. 2010. *Pengaruh Kemiringan Kaca Pada Alat Basin Solar Still Terhadap Kapasitas Air Hasil Distilasi*. PKMP. DIKTI.
- Setiadi, D. 2012. Rancang Bangun Alat Pemisah Garam dan Air Tawar Bertingkat Menggunakan Tenaga Surya. *Skripsi*. Departemen Ilmu dan Teknologi-IPB. Bogor.
- Seyhan, E. 1990. *Dasar-Dasar Hidrologi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Soewarno. 2013. *Hidrometri dan Aplikasi Teknusabo Dalam Pengelolaan Sumber Daya Air: Seri Hidrologi*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Som, S. K. 2008. *Introduction To Heat Transfer*. PHI Learning Pvt. New Delhi.
- Sosrodarsono, S. 1978. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sudjito dan P. Rahardja. 1993. Prospek Aplikasi Teknologi Ditilasi Air Laut Jenis Solar Still. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Universitas Brawijaya*. Vol. 13 No. 2. Hal. 150-155.
- Sutrisno, C. T. dan Eni Suciastuti. 2010. *Teknologi Penyedia Air Bersih*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Vulkan dan Verlag Essen. 1978. *Sea Water and Sea Water Destilation*. Homig. HE.
- Widiadmoko, W. 2013. *Pemantauan Kualitas Air Secara Fisik dan Kimia di Perairan Teluk Hurun Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung*. Politeknik Negeri Lampung. Bandar Lampung.
- Wisnubroto, S. 2004. *Meteorologi Pertanian Indonesia*. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Water*. Naga Report Vol 2, Univ. California. La Jolla.