



SKRIPSI - ME091329

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGEMBANGAN
MODEL SOLAR WATER DESTILATOR DENGAN
TEKNOLOGI INSULASI KACA VAKUM
DENGAN VARIASI SUDUT**

**Adhi Iswanto
NRP 4210 100 077**

**Dosen Pembimbing
Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc
Ir. Hari Prastowo, Msc**

**Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2014**



FINAL PROJECT - ME091329

EXPERIMENTAL STUDY OF ADVANCE SOLAR WATER DESTILATOR MODEL WITH GLASS VACUUM TECHNOLOGY INSULATION WITH ANGLE VARIATION

**Adhi Iswantoro
NRP 4210 100 077**

**Lecturers
Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc
Ir. Hari Prastowo, Msc**

**Department Of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2014**

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGEMBANGAN
MODEL SOLAR WATER DESTILATOR DENGAN
TEKNOLOGI INSULASI KACA VAKUM
DENGAN VARIASI SUDUT**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ADHI ISWANTORO
NRP 4210 100 077

Disetujui oleh Pembimbing SKRIPSI :

Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc

()

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

()

SURABAYA
Juli, 2014

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMENTAL PENGEMBANGAN MODEL SOLAR WATER DESTILATOR DENGAN TEKNOLOGI INSULASI KACA VAKUM DENGAN VARIASI SUDUT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ADHI ISWANTORO
NRP 4210 100 077

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

DR. Ir. Agoes A. Masroeri, M.Eng



SURABAYA

Juli, 2014

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

STUDI EKSPERIMENTAL PENGEMBANGAN MODEL SOLAR WATER DESTILATOR DENGAN TEKNOLOGI INSULASI KACA VAKUM DENGAN VARIASI SUDUT

Nama Mahasiswa : Adhi Iswantoro
NRP : 4210 100 077
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc.
2. Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki iklim tropis dengan intensitas penyinaran matahari yang cukup besar. Akan tetapi pemanfaatan sinar matahari di Indonesia masih sangat minim. Padahal sinar matahari ini bisa dimanfaatkan dan merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan. Pemanfaatan sinar matahari ini dapat diaplikasikan untuk pemenuhan kebutuhan air tawar untuk masyarakat ketika musim kemarau yang kekurangan air bersih. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan solar water destilator. Pengolahan air payau menjadi air tawar yang bersih dengan menggunakan solar water destilator memang sudah ada dan digunakan serta berbagai macam alat telah dibuat. Salah satu inovasi yang dilakukan pada solar water destilator kali ini adalah pengembangan solar water destilator dengan insulasi vakum pada dinding alat. Tujuan penelitian ini adalah merancang suatu desain solar water destilator dengan teknologi insulasi kaca vakum yang efektif dan temperaturnya konstan lebih lama dan seberapa efektifkah solar water destilator dengan teknologi insulasi kaca vakum dibandingkan dengan solar water destilator yang lain. Terdapat empat percobaan yang dilakukan dengan menggunakan air payau sebesar 5 liter. Percobaan pertama dengan sudut 30° tanpa dinding vakum menghasilkan air tawar 345 ml dengan suhu air tertinggi 75° C. Percobaan kedua

dengan sudut 20° tanpa dinding vakum menghasilkan air tawar 285 ml dengan suhu air tertinggi 72° C. Percobaan ketiga dengan sudut 30° dengan dinding vakum -0.4 bar menghasilkan air tawar 366 ml dengan suhu air tertinggi 77° C. Percobaan keempat dengan sudut 20° dengan dinding vakum -0.4 bar menghasilkan air tawar 213 ml dengan suhu air tertinggi 75° C. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sudut kaca penutup 30° menghasilkan air destilasi lebih banyak dan suhu air lebih tinggi dibandingkan sudut 20°. Selain itu, kevakuman pada dinding dapat mengisolasi sistem dengan lingkungan sehingga dapat meningkatkan suhu air serta mampu menghasilkan air destilasi lebih banyak daripada percobaan yang tanpa divakum dindingnya.

Kata kunci : Energi Matahari, Destilator, Insulasi Vakum

**EXPERIMENTAL STUDY OF ADVANCE
SOLAR WATER DESTILATOR MODEL WITH
GLASS VACUUM TECHNOLOGY INSULATION
WITH ANGLE VARIATION**

Student Name : Adhi Iswantoro
Registration Number : 4210 100 077
Departement : Marine Engineering
Lecturers : 1. Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc.
2. Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

Abstract

Indonesia is one country that has a tropical climate with the intensity of solar radiation is large enough. However, the utilization of sunlight in Indonesia is still very minimal. Though the sun can be harnessed and green energy renewable energy. Utilization of sunlight can be applied to meet the needs of fresh water for the people when the dry season water shortages. One solution to overcome this problem is with a solar water distillation. Processing brackish water into clean water by using solar water distillation are already there and are used as well as a wide variety of tools have been created. One of the innovations that made solar water distillation at this time is the development of solar water distillation by means of vacuum insulation in the walls. The purpose of this study is to design a solar water distillation design with glass vacuum insulation technology effective and constant temperature longer and how effective solar water distillation with glass vacuum insulation technology compared to other solar water distillation. There are four experiments conducted with the use of brackish water for 5 liters. The first experiment with a 30° angle without wall vacuum produces 345 ml of fresh water with the highest water temperature 75° C. The second experiment with a 20° angle without wall vacuum produces 285 ml of fresh water with the highest water temperature 72° C. The third experiment with a 30° angle with the wall vacuum -0.4 bar produces 366 ml of fresh

water with the highest water temperature 77° C. The fourth experiment with a 20° angle with the wall vacuum -0.4 bar produces 213 ml of fresh water with the highest water temperature 75° C. The experimental results showed that the glass cover angle 30° produce more distilled water and the water temperature is higher than 20° angle. In addition, the wall can isolate the vacuum system with the environment so as to increase the temperature of the water and be able to produce more than the distilled water experiments without vacuum walls.

Keywords : Solar Energy, Destilator, Vacuum Insulation

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul “Studi Eksperimental Pengembangan Model Solar Water Destilator Dengan Teknologi Insulasi Kaca Vakum Dengan Variasi Sudut” untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di pada Bidang Studi Marine Machinery and System (MMS), Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penulisan laporan ini penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, petunjuk, saran serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Suwarjo dan Partini, Saudara/i tersayang, Rizki Ramadhani Ardaninggar, yang senantiasa memberikan dorongan material dan spiritual, terima kasih atas doa-doa yang tak pernah putus dan tak ternilai harganya.
2. Bapak Taufik Fajar Nugroho, ST, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah memberikan bimbingan, bantuan, arahan, masukan dan nasehat selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan banyak dorongan dan masukan agar terselasaikannya Tugas Akhir ini.
4. Bapak Indra Ranu Kusuma, ST, M.Sc., selaku Dosen Wali yang telah memberikan petunjuk, amanah dan nasehat layaknya orang tua sendiri selama 4 tahun ini sehingga dapat menyelesaikan semua perkuliahan dengan baik.
5. Bapak DR. Ir. A.A. Masroeri M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan

- ITS, yang telah memberikan pengetahuan tentang jurusan yang awalnya penulis tidak ketahui.
6. Bapak DR. Eng. Trika Pitana ST., M.Sc., selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, yang telah memberikan kesempatan penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir dalam kurun waktu satu semester.
 7. Bapak Sutopo Purwono Fitri ST., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem, yang memberikan tempat kepada penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir dan pengambilan serta pengolahan data.
 8. Sahabat tercinta, semua teman-teman satu angkatan Pinisi 10 yang telah banyak memberi semangat dan inspirasi. Selama 4 tahun kita lalui bersama suka dan duka. Kita selalu bersama.
 9. Para Senior, Achmad Kurniawan, Rico Arisona, Eeng, Ryan Yonathan, Bravo, Sigit, Merdi, Vath Alam, dan yang lainnya yang telah memberikan pencerahan dalam pemilihan judul, hingga materi yang diberikan, semangat, serta dorongan agar pengerjaan Tugas Akhir berjalan lancar.
 10. Seluruh Civitas Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem, dari Grader hingga Member, Achmad Kurniawan, Rico, Ardian Rosady, Nur M.Irfan, Abdan Alkahf, Nadia Handayani, Yolanda Putri Y, Dewi Jumineti, Leo Dwi A, Fakhrudin Z, Khilmi, Tri A Siswanto, M Indrabayu S, dan adek-adek 2011 terima kasih atas motivasi dan bantuannya yang telah diberikan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini.
 11. Seluruh civitas akademika Teknik Sistem Perkapalan yang sedikit banyak membantu memberikan informasi selama pengerjaan Tugas Akhir.
 12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah ikut memberi ide dan masukan sehingga terselesaikannya laporan ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu adanya kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dapat menjadi tambahan ilmu dan pedoman untuk melakukan penulisan selanjutnya.

Surabaya, Juli 2014

Penulis

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	vii
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xv
Daftar Gambar	xix
Daftar Tabel	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perpindahan Panas	5
2.1.1 Konduksi	5
2.1.2 Konveksi	5
2.1.3 Radiasi	6
2.2 Kesetimbangan Energi	7
2.3 Energi Berguna Kolektor (Q_u)	8
2.4 Energi Berguna Destilasi (Q_u-d)	9
2.5 Efisiensi Alat (η_d)	9
2.6 Koefisien Kerugian Panas Total	10
2.7 Intensitas Penyinaran	10
2.8 Destilasi Tenaga Surya	12
2.9 Radiasi Benda Hitam	12
2.10 Efek Rumah Kaca	13
2.11 Kaca	15
2.12 Teknologi Insulasi Vakum	16
2.13 Kebutuhan Air Manusia	17
2.14 Air Destilasi	18
2.15 Tinjauan Penelitian Sebelumnya	22

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Identifikasi dan Perumusan Masalah	23
3.2	Studi Literatur	23
3.3	Pengumpulan Data	24
3.4	Perancangan Model	24
3.5	Pelaksanaan Percobaan dan Pengumpulan Data	27
3.6	Analisa Data Percobaan	28
3.7	Kesimpulan dan Saran	28
3.8	Penyusunan Laporan	29
3.9	Flow Chart Tugas akhir	30

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Peralatan dan Bahan yang Digunakan	33
4.1.1	Solar Water Destilator	33
4.1.2	Kaca Penutup	35
4.1.3	Pompa Vakum	35
4.1.4	Thermometer Air Raksa	36
4.1.5	Penggaris Busur	37
4.1.6	Air Payau	38
4.1.7	Gelas Ukur	39
4.1.8	Kompas Magnetik	39
4.1.9	Hose	40
4.1.10	Ball Valve	41
4.1.11	Pengukur Sudut	41
4.1.12	Compound Gauge	42
4.2	Variasi Percobaan	43
4.3	Analisa Hasil Percobaan	44
4.3.1	Perhitungan Perancangan dan Desain Alat	44
4.3.2	Percobaan Ke-1 dengan Sudut Kaca Penutup 30° tanpa Vakum	49
4.3.3	Percobaan Ke-2 dengan Sudut Kaca Penutup 20° tanpa Vakum	60
4.3.4	Percobaan Ke-3 dengan Sudut Kaca	

	Penutup 30° dengan Vakum	71
4.3.5	Percobaan Ke-4 dengan Sudut Kaca Penutup 20° dengan Vakum	82
4.4	Analisa Tekanan Dalam Alat	93
4.4.1	Analisa Tekanan Dalam Alat pada Percobaan 1	94
4.4.2	Analisa Tekanan Dalam Alat pada Percobaan 2	96
4.4.3	Analisa Tekanan Dalam Alat pada Percobaan 3	97
4.4.4	Analisa Tekanan Dalam Alat pada Percobaan 4	98
4.5	Analisa Grafik Perbandingan Setiap Percobaan	100
4.5.1	Grafik Perbandingan Hasil Air Destilasi	100
4.5.2	Grafik Perbandingan <i>Flow Rates</i>	100
4.5.3	Grafik Perbandingan Suhu Air.....	101
4.5.4	Grafik Perbandingan Suhu Dalam Alat..	102
4.5.5	Grafik Perbandingan Tekanan Alat.....	103

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	105
5.2	Saran	106

Daftar Pustaka	107
Lampiran	109
Biodata Penulis	113

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil Pengukuran Intensitas Radiasi Tenaga Surya di Seluruh Indonesia	11
Tabel 2.2	Kebutuhan Air Minum Manusia	18
Tabel 2.3	Tinjauan Literatur	22
Tabel 3.1	Dimensi Alat yang Dirancang.....	26
Tabel 4.1	Dimensi Alat yang Dirancang.....	34
Tabel 4.2	Spesifikasi Pompa Vakum.....	36
Tabel 4.3	Variasi Percobaan yang Dilakukan	43
Tabel 4.4	Dimensi Alat yang Dirancang.....	45
Tabel 4.5	Tabel Pengambilan Data Percobaan 1.....	50
Tabel 4.6.	Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 1	57
Tabel 4.7.	Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 1.	58
Tabel 4.8.	Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 1	59
Tabel 4.9	Tabel Pengambilan Data Percobaan 2.....	61
Tabel 4.10	Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 2	68
Tabel 4.11	Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 2.	69
Tabel 4.12	Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 2	70
Tabel 4.13	Tabel Pengambilan Data Percobaan 3	72
Tabel 4.14	Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 3	79
Tabel 4.15	Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 3.	80
Tabel 4.16	Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 3	81
Tabel 4.17	Tabel Pengambilan Data Percobaan 4	83
Tabel 4.18	Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 4	90
Tabel 4.19	Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 4.	91
Tabel 4.20	Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 4	92
Tabel 4.21	Tabel Sifat Udara Pada Berbagai Suhu.....	94
Tabel 4.22	Tabel Nilai Viskositas Udara pada Percobaan 1	94
Tabel 4.23	Tabel Nilai Tekanan Didalam Alat.....	95
Tabel 4.24	Tabel Nilai Viskositas Udara pada Percobaan 2	96
Tabel 4.25	Tabel Nilai Tekanan Didalam Alat.....	97
Tabel 4.26	Tabel Nilai Viskositas Udara pada Percobaan 3	97
Tabel 4.27	Tabel Nilai Tekanan Didalam Alat.....	98
Tabel 4.28	Tabel Nilai Viskositas Udara pada Percobaan 4	98

Tabel 4.29 Tabel Nilai Tekanan Didalam Alat..... 99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Macam Perpindahan Panas.....	7
Gambar 2.2	Kesetimbangan Energi	8
Gambar 2.3	Proses Destilasi Tenaga Matahari.....	12
Gambar 2.4	Radiasi Benda Hitam	13
Gambar 2.5	Efek Rumah Kaca	15
Gambar 2.6	Kaca	16
Gambar 3.1	Desain Model Alat dengan Dinding Ganda (rongga vakum 20 mm).....	25
Gambar 3.2	Desain Model Kaca Penutup Sudut 20°	25
Gambar 3.3	Desain Model Kaca Penutup Sudut 30°	26
Gambar 3.4	Sistem Kerja Alat.....	28
Gambar 3.5	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	30
Gambar 4.1	Solar Water Destilator Yang Dibuat	34
Gambar 4.2	Kaca Penutup Alat	35
Gambar 4.3	Pompa Vakum	36
Gambar 4.4	Thermometer Air Raksa	37
Gambar 4.5	Penggaris Busur.....	38
Gambar 4.6	Air Payau	38
Gambar 4.7	Gelas Ukur.....	39
Gambar 4.8	Kompas Magnetik.....	40
Gambar 4.9	Hose	40
Gambar 4.10	Ball Valve.....	41
Gambar 4.11	Pengukur Sudut.....	41
Gambar 4.12	Compound Gauge	42
Gambar 4.13	Rancangan Alat	48
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu pada Percobaan 1	49
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu pada Percobaan 2	60
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu pada Percobaan 3	71
Gambar 4.17	Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu pada Percobaan 4	82

Gambar 4.18	Grafik Hubungan Viskositas Kinematis dengan Suhu	93
Gambar 4.19	Grafik Perbandingan Hasil Air Destilasi.....	100
Gambar 4.20	Grafik Perbandingan Flow Rates.....	101
Gambar 4.21	Grafik Perbandingan Suhu Air	102
Gambar 4.22	Grafik Perbandingan Suhu Dalam Alat.....	103
Gambar 4.23	Grafik Perbandingan Tekanan Alat	104

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki iklim tropis di dunia dengan intensitas penyinaran matahari dalam satu tahun cukup besar. Akan tetapi pemanfaatan sinar matahari di Indonesia masih sangat minim sekali. Padahal sinar matahari yang panas ini bisa dimanfaatkan dan merupakan energi terbarukan dan ramah lingkungan. Sesuai dengan judul skripsi ini yaitu mengenai *solar water destilator*, maka disini akan dibahas mengenai pemanfaatan sinar matahari sebagai pemanas air laut atau payau agar menghasilkan uap air yang merupakan air tawar agar bisa digunakan oleh manusia.

Pemanfaatan sinar matahari ini dapat diaplikasikan untuk pemenuhan kebutuhan air tawar untuk masyarakat ketika musim kemarau yang kekurangan air. Di beberapa daerah di Indonesia juga masih ada yang kekurangan air bersih untuk keperluan sehari-hari karena airnya biasanya terasa payau. Apalagi di daerah-daerah tersebut sangat minim fasilitas dari pemerintah, seperti pasokan air bersih dari PDAM. Oleh sebab itu perlu adanya upaya untuk menyelesaikan masalah tersebut. Jadi intinya permasalahan yang terjadi adalah masih banyak penduduk di Indonesia yang kekurangan air bersih.

Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah penelitian dan pengembangan *solar water destilator* untuk menghasilkan air tawar. Prinsipnya adalah sinar matahari dapat digunakan untuk memanaskan air laut atau payau untuk menghasilkan uap air yang merupakan air tawar agar bisa dimanfaatkan manusia. Penelitian yang sebelumnya sudah dilakukan yaitu dengan menggunakan penyimpan kalor dari *aluminium*, seng, dan *stainless stell*, akan tetapi uap air yang dihasilkan masih kurang. Oleh sebab itu dalam skripsi ini akan dilakukan inovasi dalam penelitian *solar water*

destilator yaitu dengan teknologi insulasi kaca vakum dengan variasi sudut. Prinsip kerjanya yaitu sama dengan efek rumah kaca (*global warming* yaitu panas yang masuk ke bumi tidak dapat dipantulkan keluar bumi). Jadi panas dari matahari akan terperangkap di model yang telah dibuat, tidak dapat dikeluarkan sehingga suhu didalam model menjadi naik dan dapat menghasilkan uap air.

1.2. Rumusan Masalah

Dari penjelasan di atas, dapat diambil perumusan masalah dalam skripsi ini yaitu:

- a. Apakah desain model *solar water destilator* dengan teknologi insulasi kaca vakum dapat menjaga temperatur di dalam *solar water destilator* menjadi konstan dan lebih lama?
- b. Apakah penelitian mengenai *solar water destilator* dengan teknologi insulasi kaca vakum ini lebih efektif dibandingkan dengan *solar water destilator* dengan penyimpanan kalor dari *aluminium*, seng, dan *stainless steel*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah:

- a. Membuat model *solar water destilator* dengan teknologi insulasi kaca vakum sesuai rancangan.
- b. Melakukan pengujian dan percobaan terhadap model yang telah dibuat dengan beberapa parameter yaitu *flow rate* uap air, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap air, sensitivitas model terhadap cuaca dan perubahan letak matahari serta lama waktu suhunya konstan.
- c. Merancang suatu desain *solar water destilator* dengan teknologi insulasi kaca vakum yang efektif dan temperaturnya konstan lebih lama.
- d. Seberapa efektifkah *solar water destilator* dengan teknologi insulasi kaca vakum dibandingkan dengan *solar*

water destilator dengan penyimpan kalor dari *aluminium*, seng, dan *stainless stell*.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari skripsi ini adalah:

- a. Dapat merancang *solar water destilator* yang efektif dan temperaturnya konstan lebih lama.
- b. Dapat mengetahui keefektifan model *solar water destilator* yang dibuat.

1.5. Batasan Masalah

Dari permasalahan yang ingin diselesaikan seperti di atas, maka perlu adanya batasan masalah. Hal ini bertujuan agar pembahasan pada skripsi ini tidak melebar terlalu luas dan mempermudah dalam melakukan analisa. Batasan masalah pada skripsi ini yaitu:

- a. Alat destilasi dengan teknologi *solar water destilator* digunakan pada musim kemarau serta dilakukan percobaan di laboratorium (skala laboratorium).
- b. Analisa skripsi pada intensitas sinar matahari dan kapasitas uap yang dihasilkan.
- c. Waktu untuk penyinaran adalah pukul 07.00-22.00.
- d. Tidak memperhitungkan kadar garam pada air payau yang digunakan.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perpindahan Panas

Panas merupakan energi yang berpindah karena perbedaan suhu. Panas berpindah dari suhu yang tinggi ke suhu rendah. Selain suhu berubah, atau dengan kata lain berubah fasa, panas ini nantinya akan merambat pada daerah lain. Hal ini disebut sebagai perpindahan panas. Cara perpindahan panas terdiri dari tiga macam, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. (*J.P. Holman.1997.Perpindahan Kalor*)

2.1.1. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas karena adanya kontak langsung antar permukaan benda. Konduksi ini bergantung pada zat yang dilaluinya dan distribusi temperatur benda yang dilaluinya. Berlangsungnya konduksi ini dapat diketahui dengan perubahan temperatur. Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung perpindahan kalor secara konduksi yaitu:

$$q = -k A \frac{dT}{dx}$$

Persamaan diatas disebut sebagai Hukum Fourier. Dimana q merupakan laju perpindahan kalor konduksi, dT/dx merupakan gradient suhu kearah perpindahan kalor. Konstanta k merupakan konduktivitas termal dari benda, sedangkan tanda *minus* dimasukkan untuk memenuhi hukum kedua termodinamika. Setiap benda memiliki konduktifitas termal tertentu yang mempengaruhi perpindahan panas pada benda.

2.1.2. Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya, dengan media penghantar berupa fluida baik gas atau cairan. Aliran fluida akan berlangsung sendiri akibat perbedaan massa jenis karena perbedaan temperatur dan dapat juga melalui paksaan akibat

pompa atau kompresor. Sehingga kita mengenal aliran zat bebas dan paksaan. Konveksi panas pada aliran bebas disebut konveksi bebas, dan konveksi panas karena paksaan disebut konveksi paksaan. Pada konveksi paksaan, sifat konveksi tergantung pada bentuk dan cara paksaan.

Konveksi panas pada aliran massa dapat diartikan sebagai arus panas yang bergantung dengan aliran, luas penampang A , dan beda temperatur. Hal ini dapat kita lihat pada persamaan dibawah:

$$q = h A \Delta T$$

Besaran h merupakan koefisien perpindahan kalor konveksi. Dari persamaan diatas, kita dapat memahami bahwa perpindahan kalor secara konveksi bergantung pada viskositas fluida disamping ketergantungannya kepada sifat-sifat termal fluida itu (konduktivitas termal, kalor spesifik, densitas). Hal tersebut dapat dimengerti karena viskositas mempengaruhi kecepatan yang akhirnya mempengaruhi perpindahan energi pada suatu benda.

Konveksi bebas adalah perpindahan panas yang disebabkan oleh perbedaan suhu dan beda rapat serta tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya. Beberapa contohnya diantaranya yaitu plat panas ada diudara sekitar tanpa ada gerakan dari luar. Sedangkan konveksi paksa adalah perpindahan panas karena adanya tenaga dari luar. Hal ini terbukti dari plat panas yang diletakkan didepan kipas.

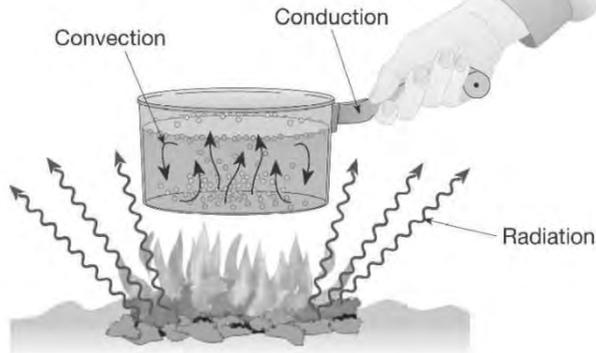
2.1.3. Radiasi

Beda halnya dengan konduksi dan konveksi, dimana perpindahan panas terjadi karena media antara, kalor berpindah melalui ruang hampa. Perpindahannya dapat melalui pancaran ataupun radiasi elektromagnetik. Pada perpindahan kalor ini biasanya menggunakan benda hitam yang memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolute dan berbanding dengan luas permukaan. Jadi:

$$q = \varepsilon \sigma A \Delta T^4$$

Dimana σ ialah konstanta proporsionalitas yang disebut konstanta Stefan-Boltzmann dengan nilai $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$. Konstanta ini berlaku hanya untuk benda hitam.

PERPINDAHAN PANAS



Gambar 2.1. Macam Perpindahan Panas

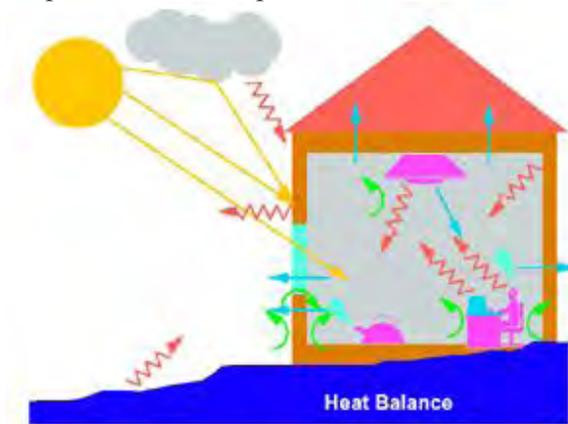
(www.aos.wisc.edu)

2.2. Kesetimbangan Energi

Secara kualitatif, temperatur dari suatu objek dapat diketahui melalui panas atau dinginnya benda tersebut. Jadi temperatur merupakan sifat kasar dari suatu sistem oleh karenanya dapat dikatakan sebagai besaran makroskopik. Selain temperatur, kualitas makroskopik yang lain adalah volume dan tekanan. Oleh karena itu suatu keadaan dimana dua buah objek (yang berbeda temperaturnya) dimasukkan dalam suatu bahan yang sama dinamakan suatu kondisi bahan termal. Dengan kata lain, dua buah benda dikatakan dalam keadaan kontak termal bila energi termal dapat bertukar diantara kedua benda tanpa adanya usaha yang dilakukan. Pada keadaan seperti ini, objek yang lebih tinggi temperaturnya akan mendingin, sedangkan objek yang lebih rendah temperaturnya akan menghangat pada keadaan setimbang.

Kesetimbangan termal merupakan situasi yang menunjukkan bahwa dua benda yang dalam keadaan kontak

termal saling menukarkan energi termal dalam jumlah yang sama. Waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan tergantung dari sifat benda yang mengakibatkan memiliki temperatur yang sama. Selain itu kesetimbangan termal juga dapat dikatakan pada saat kondisi ketika sistem termal makroskopik diamati telah berhenti berubah dengan waktu. Sebagai contoh, gas ideal fungsi distribusi yang telah stabil tertentu distribusi Maxwell-Boltzman akan berada dalam kesetimbangan termal. Hasil ini memungkinkan satu suhu dan tekanan dapat diberikan ke seluruh sistem. Kesetimbangan termal suatu sistem tidak berarti keseragaman mutlak dalam suatu sistem, misalnya, sistem sungai dapat berada dalam kesetimbangan termal ketika makroskopik distribusi suhu stabil dan tidak berubah pada waktunya, meskipun suhu ruang polusi termal mencerminkan distribusi input dan termal dispersi.



Gambar 2.2. Kesetimbangan Energi

(www.new-learn.info)

2.3. Energi Berguna Kolektor (Q_u)

Energi berguna kolektor merupakan energi panas yang dihasilkan kaca penyerap radiasi untuk memanaskan air laut yang berada di atasnya selama proses berlangsung. Untuk perhitungan

energi berguna dapat digunakan persamaan sebagai berikut: (Ketut Astawa, 2011)

$$Q_u = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_u = (\alpha \cdot I_T \cdot A_c \cdot \tau) - (U_L \cdot A_c \cdot (T_p - T_a))$$

Keterangan:

- α = koefisien absorbtivitas kaca penyerap.
- I_T = intensitas matahari (W/m^2).
- A_c = luas kaca penyerap (m^2).
- τ = koefisien transmisivitas kaca.
- U_L = koefisien kerugian panas total ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).
- T_p = temperatur kaca penyerap ($^\circ C$).
- T_a = temperatur lingkungan ($^\circ C$).

2.4. Energi Berguna Destilasi (Q_{u-d})

Energi berguna destilasi merupakan energi yang dibutuhkan untuk penguapan air laut/air payau yang menjadi produk air bersih selama proses. Untuk persamaan energi berguna destilasi dapat dilihat sebagai berikut: (Ketut Astawa, 2011)

$$Q_{u-d} = \frac{(m_k \times h_{fg})}{t}$$

Keterangan:

- m_k = total massa air kondensat per hari (kg).
- h_{fg} = panas laten penguapan (kJ/kg).
- t = lama pengujian (s).

2.5. Efisiensi Alat (η_d)

Efisiensi alat destilasi merupakan perbandingan energi panas untuk menguapkan air laut/air payau yang menjadi produk air bersih terhadap besar radiasi matahari yang diterima oleh alat destilasi melalui kaca penyerap radiasi matahari dalam selang waktu tertentu. Untuk perhitungan efisiensi alat destilasi air laut/air payau tenaga surya dapat digunakan persamaan: (Ketut Astawa, 2011)

$$\eta_d = \frac{m_k \times h_{fg}}{A_c \times I_T \times t} \times 100\%$$

Keterangan:

- m_k = total massa air kondensat per hari (kg).
 h_{fg} = panas laten penguapan (kJ/kg).
 A_c = luas kaca penyerap (m²).
 I_T = intensitas matahari (W/m²).
 t = lama pengujian (s).

2.6. Koefisien Kerugian Panas Total

Proses perpindahan panas tidak semuanya dapat diubah menjadi energi lain, dan pada kolektor surya terjadi kerugian panas. Kerugian panas ini terjadi pada bagian atas, bagian bawah, dan bagian samping. Untuk koefisien kerugian panas total dapat ditulis sebagai berikut: (*Ketut Astawa, 2011*)

$$U_L = U_t + U_b + U_s$$

Keterangan:

- U_L = koefisien kerugian panas total (W/m².°C).
 U_t = koefisien kerugian panas bagian atas (W/m².°C).
 U_b = koefisien kerugian panas bagian bawah (W/m².°C).
 U_s = koefisien kerugian panas bagian samping (W/m².°C).

2.7. Intensitas Penyinaran

Matahari adalah sumber panas bagi bumi. Walaupun bumi sudah memiliki panas sendiri yang berasal dari dalam, panas bumi lebih kecil artinya dibandingkan dengan panas matahari. Panas matahari mencapai 60 gram kalori/cm², tiap jam, sedangkan panas bumi hanya mencapai 55 gram/cm² tiap tahunnya. Besarnya sinar matahari yang mencapai bumi hanya sekitar 43% dari keseluruhan sinar yang menuju bumi dan >50% lainnya dipantulkan kembali ke angkasa. Panas bumi sangat tergantung kepada banyaknya panas yang berasal dari matahari ke bumi. Perbedaan temperatur di bumi dipengaruhi oleh letak lintang dan bentuk keadaan alamnya. Indonesia termasuk wilayah

beriklim tropis karena terletak pada lintang antara $6^{\circ}08'$ LU dan $11^{\circ}15'$ LS, ini terbukti di seluruh wilayah Indonesia menerima rata-rata waktu penyinaran matahari cukup banyak.

Panas matahari yang sampai ke permukaan bumi sebagian dipantulkan kembali, sebagian lagi diserap oleh udara, awan, dan segala sesuatu di permukaan bumi. Banyak sedikitnya sinar matahari yang diterima oleh bumi. Selain itu lamanya penyinaran matahari pada suatu tempat tergantung dari letak garis lintangnya, semakin rendah letak garis lintangnya maka semakin lama daerah tersebut mendapatkan sinar matahari dan suhu udaranya semakin tinggi, sebaliknya semakin tinggi letak garis lintang maka intensitas penyinaran matahari semakin kecil sehingga suhu udaranya semakin rendah. Alat untuk mengukur lamanya penyinaran matahari disebut *Campbell Stoke*. Berikut ini merupakan tabel data hasil pengukuran intensitas radiasi tenaga surya di seluruh Indonesia yang dilakukan oleh BPPT dan BMKG dari tahun 1965 hingga 1995.

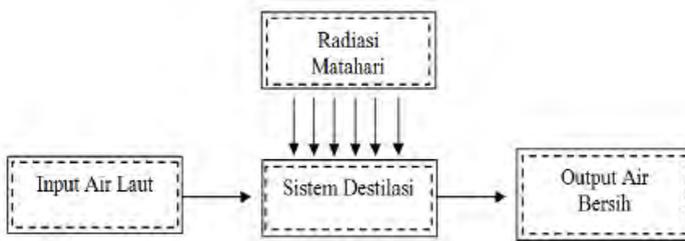
Tabel 2.1. Hasil Pengukuran Intensitas Radiasi Tenaga Surya di Seluruh Indonesia

Propinsi	Lokasi	Tahun Pengukuran	Posisi Geografis	Intensitas Radiasi (Wh/m^2)
NAD	Pidie	1980	$4^{\circ}15'$ LS: $96^{\circ}52'$ BT	4.097
SumSel	Ogan Komering Ulu	1979-1981	$3^{\circ}10'$ LS: $104^{\circ}42'$ BT	4.951
Lampung	Kab. Lampung Selatan	1972-1979	$4^{\circ}28'$ LS: $105^{\circ}48'$ BT	5.234
DKI Jakarta	Jakarta Utara	1965-1991	$6^{\circ}11'$ LS: $106^{\circ}05'$ BT	4.187
Banten	Tangerang	1980	$6^{\circ}07'$ LS: $106^{\circ}30'$ BT	4.324
	Lebak	1991-1995	$6^{\circ}11'$ LS: $106^{\circ}30'$ BT	4.446
Jawa Barat	Bogor	1980	$6^{\circ}11'$ LS: $106^{\circ}39'$ BT	2.558
	Bandung	1980	$6^{\circ}56'$ LS: $107^{\circ}38'$ BT	4.149
Jawa Tengah	Semarang	1979-1981	$6^{\circ}58'$ LS: $110^{\circ}23'$ BT	5.488
DI Yogyakarta	Yogyakarta	1980	$7^{\circ}37'$ LS: $110^{\circ}01'$ BT	4.500
Jawa Timur	Pacitan	1980	$7^{\circ}18'$ LS: $112^{\circ}42'$ BT	4.300
KalBar	Pontianak	1991-1993	$4^{\circ}36'$ LS: $9^{\circ}11'$ BT	4.552
KalTim	Kabupaten Berau	1991-1995	$0^{\circ}32'$ LU: $117^{\circ}52'$ BT	4.172
KalSel	Kota Baru	1979-1981	$3^{\circ}27'$ LS: $114^{\circ}50'$ BT	4.796
		1991-1995	$3^{\circ}25'$ LS: $114^{\circ}41'$ BT	4.573
Gorontalo	Gorontalo	1991-1995	$1^{\circ}32'$ LU: $124^{\circ}55'$ BT	4.911
SulTeng	Donggala	1991-1994	$0^{\circ}57'$ LS: $120^{\circ}0'$ BT	5.512
Papua	Jayapura	1992-1994	$8^{\circ}37'$ LU: $122^{\circ}12'$ BT	5.720
Bali	Denpasar	1977-1979	$8^{\circ}40'$ LS: $115^{\circ}13'$ BT	5.263
NTB	Kabupaten Sumbawa	1991-1995	$8^{\circ}37'$ LS: $120^{\circ}16'$ BT	5.747
NTT	Ngada	1975-1978	$10^{\circ}9'$ LS: $123^{\circ}36'$ BT	5.117

(BPPT dan BMKG, 1995)

2.8. Destilasi Tenaga Surya

Destilasi (penyulingan) air laut telah dilaksanakan bertahun-tahun. Teknologi penyulingan air untuk mendapatkan air tawar dari air kotor atau air laut intinya adalah menguapkan air laut dengan cara dipanaskan, yang kemudian uap air tersebut diembunkan sehingga didapatkan air tawar. Sumber panas yang dipergunakan berasal dari energi yang beragam yaitu: minyak, gas, listrik, surya/matahari, dan lainnya. (Sugeng Abdullah, 2005)



Gambar 2.3. Proses Destilasi Tenaga Matahari

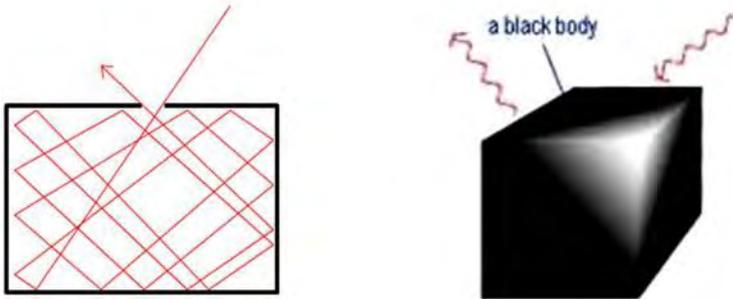
(Sugeng Abdullah, 2005)

2.9. Radiasi Benda Hitam

Dalam fisika, benda hitam (bahasa Inggris: *black body*) adalah obyek yang menyerap seluruh radiasi elektromagnetik yang jatuh kepadanya termasuk matahari. Tidak ada radiasi yang dapat keluar atau dipantulkannya. Namun demikian, dalam fisika klasik, secara teori benda hitam haruslah juga memancarkan seluruh panjang gelombang energi yang mungkin, karena hanya dari sinilah energi benda itu dapat diukur.

Meskipun namanya benda hitam, dia tidaklah harus benar-benar hitam karena dia juga memancarkan energi. Jumlah dan jenis radiasi elektromagnetik yang dipancarkannya bergantung pada suhu benda hitam tersebut. Benda hitam dengan suhu di bawah sekitar 700 K hampir semua energinya dipancarkan dalam bentuk gelombang inframerah, sangat sedikit dalam panjang gelombang tampak. Semakin tinggi temperatur, semakin banyak energi yang dipancarkan dalam panjang

gelombang tampak dimulai dari merah, jingga, kuning dan putih. Istilah benda hitam pertama kali diperkenalkan oleh Gustav Robert Kirchhoff pada tahun 1862. Cahaya yang dipancarkan oleh benda hitam disebut radiasi benda hitam. (http://id.wikipedia.org/wiki/Benda_hitam)



Gambar 2.4. Radiasi Benda Hitam

(www.antesdelfin.com)

2.10. Efek Rumah Kaca

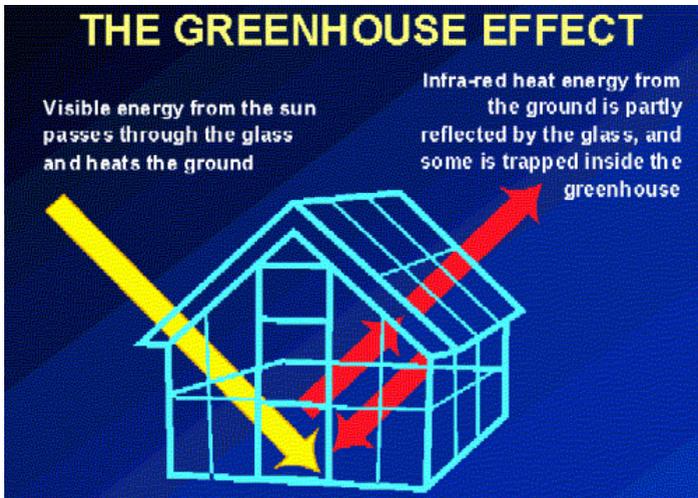
Efek rumah kaca, yang pertama kali diusulkan oleh Joseph Fourier pada 1824, merupakan proses pemanasan permukaan suatu benda langit (terutama planet atau satelit) yang disebabkan oleh komposisi dan keadaan atmosfernya. Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) dan gas-gas lainnya di atmosfer. Kenaikan konsentrasi gas CO_2 ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak, batu bara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk menyerapnya. Energi yang masuk ke Bumi:

- ❖ 25% dipantulkan oleh awan/partikel lain di atmosfer.
- ❖ 25% diserap awan.
- ❖ 45% diserap permukaan bumi.
- ❖ 5% dipantulkan kembali oleh permukaan bumi.

Energi yang diserap dipantulkan kembali dalam bentuk radiasi inframerah oleh awan dan permukaan bumi. Namun sebagian besar inframerah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas CO₂ dan gas lainnya, untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Dalam keadaan normal, efek rumah kaca diperlukan, dengan adanya efek rumah kaca perbedaan suhu antara siang dan malam di bumi tidak terlalu jauh berbeda.

Selain gas CO₂, yang dapat menimbulkan efek rumah kaca adalah belerang dioksida (SO₂), nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂) serta beberapa senyawa organik seperti gas metana dan klorofluorokarbon (CFC). Gas-gas tersebut memegang peranan penting dalam meningkatkan efek rumah kaca.

Salah satu alasan mengapa disebut rumah kaca adalah mekanisme pemanasan ini sama seperti yang terjadi di rumah-rumah kaca yang digunakan untuk perkebunan di negara-negara sub-tropika seperti di Eropa dan Amerika Serikat. Biasanya para petani menggunakan rumah kaca di saat musim dingin tiba. Tanaman-tanaman yang ditanam di dalam rumah kaca ini akan tetap hidup dan tidak mati membeku oleh pengaruh musim dingin karena kaca akan menghalangi panas matahari yang masuk dan memantulkan kembali keluar. Rumah kaca ini bisa digunakan untuk pembibitan dan berfungsi untuk menghangatkan tanaman yang berada di dalamnya. Rumah kaca ini sendiri sudah ada sejak abad ke-16 di Eropa dan biasa digunakan untuk membudidayakan mawar, lobak, sawi, brokoli, atau tanaman lainnya di musim dingin. (http://id.wikipedia.org/wiki/Efek_rumah_kaca)



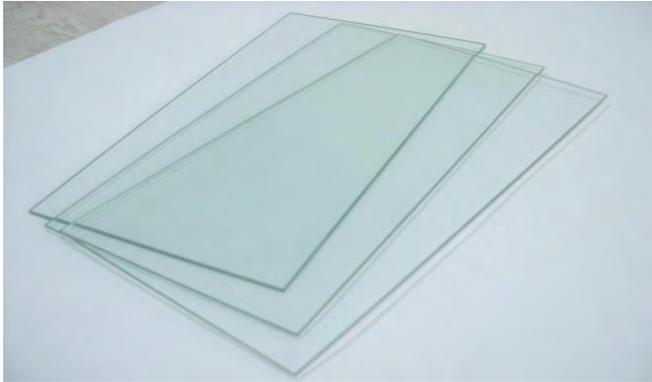
Gambar 2.5. Efek Rumah Kaca

(www.realscience.org.uk)

2.11. Kaca

Kaca adalah amorf (non kristalin) material padat yang bening dan transparan (tembus pandang), biasanya rapuh. Jenis yang paling banyak digunakan selama berabad-abad adalah jendela dan gelas minum. Kaca dibuat dari campuran 75% silikon dioksida (SiO_2) + Na_2O , CaO , dan beberapa zat tambahan. Suhu lelehnya adalah 2.000°C .

Walaupun saat ini terdapat ribuan macam formulasi kaca yang dikembangkan dalam 30 tahun terakhir ini namun gamping, silika dan soda masih merupakan bahan baku dari 90% kaca yang diproduksi di dunia. (http://www.chemistry.org/artikel_kimia/kimia_anorganik/beberapa_fakta_seputar_kaca/)



Gambar 2.6. Kaca

(www.halsted.co.zw)

2.12. Teknologi Insulasi Vakum

Vakum berasal dari kata latin, *Vacuus*, berarti kosong. Kata dasar dari kata *vacuum* tersebut merupakan vakum yang ideal atau vakum yang sempurna (*Vacuum perfect*), tekanan mutlak ini seperti temperatur mutlak, dalam dunia nyata sistem vakum tidak dapat dinyatakan, tetapi merupakan suatu acuan dalam pengukuran tekanan.

Vakum merupakan suatu kondisi dari udara/gas sekitar lingkungan tertentu dimana tekanan udara dibawah tekanan atmosfer. Untuk menghasilkan vakum perlu untuk mengeluarkan udara dari sistem, ini merupakan prinsip dasar dari cara kerja vakum. Sebuah vakum dapat menurunkan konduktivitas termal dari bahan isolasi.

Hilangnya panas melalui dinding, lantai, dan atap dapat dikurangi dengan menggunakan bahan-bahan isolasi yang memiliki ketahanan panas tinggi. Bahan isolasi ini tergantung pada konduktivitas yang rendah. Pemilihan bahan isolasi untuk instalasi tertentu tergantung pada banyak faktor, termasuk nilai isolasi, biaya, kemudahan instalasi, kimia dan stabilitas fisik, ketahanan terhadap api, hama, dan lain-lain. Dengan kevakuman

ini maka terjadinya perpindahan panas secara konveksi dapat dihindari. (*Agung Sondana, 2013*)

2.13. Kebutuhan Air Manusia

Sebagai kebutuhan dasar dalam kehidupan, air selalu diperlukan manusia untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Manusia menggunakan air untuk keperluan sehari-hari seperti untuk minum, mandi, cuci, kakus, dan sebagainya. Oleh sebab itu, air merupakan benda yang harus selalu ada bagi manusia. Bagi manusia, air diperlukan untuk menunjang kehidupan, antara lain dalam kondisi yang layak diminum tanpa mengganggu kesehatan (*Depkes RI, 2006*).

Berdasarkan data *Departemen Kesehatan (2006)* Setiap negara di dunia memiliki kebutuhan air minum yang berbeda-beda. Warga di negara maju lebih banyak memerlukan air minum daripada di negara berkembang. Di negara maju, semua keperluan air dipenuhi dengan air yang sesuai dengan standard air minum sedangkan di negara berkembang air minum khusus hanya digunakan untuk makan dan minum saja karena untuk keperluan mencuci dan keperluan lainnya cukup dipenuhi oleh air bersih. Beberapa data Badan Kesehatan Dunia (WHO) menyebutkan bahwa volume kebutuhan air bersih bagi penduduk rata-rata di dunia berbeda. Di negara maju, air yang dibutuhkan adalah 500 liter/orang/hari sedangkan di Indonesia (kota besar) sebanyak 200-400 liter/orang/hari dan di daerah pedesaan hanya 60 liter/orang/hari.

Kebutuhan air untuk anak-anak itu sekitar 1.100 ml sampai 1.600 ml per hari untuk perkiraan umur dua tahun sampai sembilan tahun. Kemudian kebutuhan untuk mendapat status hidrasi pada anak tergolong remaja ialah 1.800 ml sampai 2.200 ml untuk laki-laki, sementara untuk wanita 1.900 ml sampai 2.100 ml. Semua kecukupan asupan air mineral itu, dari umur 10 tahun sampai 18 tahun. Sementara untuk dewasa itu sekira 2.300 ml sampai 2.500 ml agar tidak terdehidrasi, dimana kebutuhan itu

untuk seseorang yang sudah berumur 19 tahun sampai 64 tahun," kata *dr. A.R. Inge Permadhi, MS, Sp.GK* selaku Unit Jejaring dan Humas Indonesian Hydration Working Group (IHWG) dalam acara yang bertema Tingkatkan Status Hidrasi Masyarakat Menuju Indonesia yang Lebih Baik, di Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia lantai 2, Jakarta Pusat, Kamis (10/10/2013). Selain itu berikut ini adalah konsumsi air minum seseorang berdasarkan *European Food Safety Authority (EFSA)* yang tidak jauh beda dengan *Depkes RI*.

Tabel 2.2. Kebutuhan Air Minum Manusia

		Total water adequate intake (Foods and fluids)	
Infants	0-6 months	680 mL/d (THROUGH MILK)	
	6-12 months	800-1000 mL/d	
Children	1-2 years	1100-1200 mL/d	
	2-3 years	1300 mL/d	
	4-8 years	1600 mL/d	
	9-13 years	Boys	2100 mL/d
		Girls	1900 mL/d
	> 14 years	Cf adults	
Adults	Men	2500 mL/d	
	Women	2000 mL/d	
Pregnant women		+ 300 mL/d vs adults	
Lactating women		+ 600-700 mL/d vs adults	
Elderly		Same as adults	

(*European Food Safety Authority/EFSA*)

2.14. Air Destilasi

Berdasarkan data dari perusahaan air minum dalam kemasan AMIDIS (www.amidisjakarta.com), dua pertiga bagian atau 70% tubuh kita terdiri dari air, dimana cairan ini mengisi 60.000 mil urat nadi dan arteri dalam tubuh kita. Cairan ini memberikan zat pelumas pada sendi-sendi dan jaringan lunak kita, serta mengisi semua sel dan lubang kecil dalam tubuh kita. Dikarenakan 70% tubuh kita terdiri dari air, maka kita pun harus mengkonsumsi air yang bersih pula agar seluruh organ tubuh dapat berfungsi dengan sempurna.

AMIDIS adalah air minum kesehatan yang diproses melalui sistem distilasi atau penyulingan atau penguapan, melalui proses pemanasan hingga 180°C sehingga menghasilkan air minum yang murni (Non-Mineral) tanpa kandungan polutan, mineral anorganik maupun bahan kontaminasi lain seperti bahan kimia maupun bahan pestisida.

Beberapa pendapat menyatakan bahwa tubuh manusia membutuhkan mineral. Benar, tetapi macam mineral apakah yang diperlukan oleh tubuh manusia? Jawabannya adalah Mineral Organik. Mineral Organik adalah mineral yang dibutuhkan serta berguna bagi tubuh kita, yang dapat kita peroleh melalui makanan yang kita konsumsi setiap hari seperti nasi, ayam, ikan, telur, sayur-sayuran serta buah-buahan, atau vitamin tambahan. Sedangkan sebaliknya, Mineral Anorganik adalah mineral yang tidak dibutuhkan serta tidak berguna bagi tubuh kita. Air, yang bersumber dari dalam tanah mengandung mineral Anorganik yang tidak berguna dan sulit untuk dicerna bagi tubuh manusia.

Mineral Anorganik yang terkandung di dalam air antara lain mengandung unsur seperti Timbal Hitam (Pb), *Iron Oxide* (Besi Teroksidasi), Merkuri, Arsenik, Magnesium, Aluminium atau bahan-bahan kimia hasil dari resapan tanah dan lain sebagainya. Seperti kita ketahui bahwa setiap masing-masing unsur tersebut mempunyai berat jenis atau bahan kimiawi, yang bilamana terkonsumsi akan dapat menumpuk pada tubuh manusia, sehingga lama kelamaan akan dapat merusak tubuh kita terutama pada bagian ginjal dan hati, dimana kedua organ tubuh tersebut berfungsi sebagai *filter* bagi tubuh. Penumpukan dan endapan yang disebabkan oleh mineral Anorganik tersebut dapat menyebabkan antara lain batu ginjal, batu empedu, pengerasan arteri, diabetes. Endapan tersebut dalam pula terjadi pada persendian sehingga dapat menyebabkan *arthritis*.

Air Minum Distilasi AMIDIS mempunyai *Total Dissolved Solid (TDS) = 0 ppm (part per million)*, yang artinya di dalam air tersebut tidak mengandung unsur maupun polutan

apapun juga, *pure water* (H₂O). Sebaliknya pada air minum bukan distilasi atau biasa disebutkan dengan *springwater* akan mempunyai *range Total Dissolved Solid (TDS)* antara 50 – 150 ppm, yang artinya pada setiap milliliter air tersebut terdapat 50 – 150 macam polutan, mineral anorganik, dan bahan terkontaminasi lainnya yang tidak diketahui yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia bilamana dikonsumsi untuk jangka waktu lama. Keuntungan air destilasi AMIDIS ini adalah sebagai berikut:

1. Dengan *TDS* = 0, AMIDIS dapat menjadi proses detoksifikasi (pembuangan zat racun) alami dari dalam tubuh.
2. Menghindarkan tubuh dari penyakit batu ginjal, batu empedu, *arthiritis*, pengerasan arteri, diabetes dan lain sebagainya, seperti membuat kulit menjadi lebih halus, lembut dan tidak mudah berkeriput, karena pori-pori kulit dapat bekerja optimal dalam proses pengeluaran keringat dari dalam tubuh.
3. Air Minum Distilasi AMIDIS disarankan untuk dikonsumsi bagi orang yang mengalami kelainan ginjal dan gagal ginjal (cuci darah).
4. Membantu bagi orang yang mengalami gangguan pembuangan air seni.
5. Membantu menurunkan hipertensi karena AMIDIS tidak mengandung Sodium. Dengan melakukan therapy air minum dapat membantu mengeluarkan kadar garam yang berlebihan dari dalam tubuh.
6. Menurut penelitian bahwa salah satu faktor penyebab Autisme adalah berlebihnya kadar mineral logam atau mineral anorganik di dalam tubuh. Dengan mengkonsumsi AMIDIS tidak akan menambah kadar tersebut di dalam tubuh.
7. AMIDIS merupakan salah satu pendukung program diet, dan membantu dalam proses pembentukan tubuh, karena AMIDIS tidak mengandung Sodium yang akan mengikat air didalam tubuh.

8. Baik sekali digunakan bagi para olahragawan, karena melancarkan proses pengeluaran keringat dari dalam tubuh. Dan baik dikonsumsi bagi segala usia.

Hal serupa juga telah disebutkan yang juga disertakan dalam perusahaan air minum dalam kemasan AMIDIS yang merujuk pada referensi berikut ini:

- “Tubuh kita memerlukan mineral dari makanan yang kita makan dan bukan dari air yang kita minum” (*Dr. Clifford Denison*).
- “Air yang mengandung mineral anorganik adalah penyebab utama berbagai penyakit” (*Dr. Charles Mayo*).
- “...Mineral anorganik yang terlarut dalam air, seperti Fosfat, Kalsium Karbonat dan lain-lain, akan tertimbun dalam jaringan tubuh, yang akhirnya akan menyebabkan kerusakan pada jaringan-jaringan tubuh bahkan dapat menyebabkan kematian...” (*Dr. N.W.Walker, “ Water Can Undermine Your Health”, 1996 Norwalk Press, USA*).
- "Kerusakan terbesar pada organ-organ tubuh disebabkan oleh mineral anorganik yang bercampur dengan lemak dan garam di dalam darah. Campuran ini dapat menyumbat pembuluh darah ke organ-organ tersebut, sehingga menghambat aliran darah dan merusak fungsi organ tersebut” (*Paul C.N.D. Phd., “The Shocking Truth About Water”*).
- “Mengonsumsi air distilasi (Non mineral) tidak berpengaruh buruk terhadap kesehatan, melainkan sebaliknya bermanfaat ganda, karena tidak menambah mineral anorganik yang sudah lama tertimbun dalam jaringan tubuh, dan membantu membersihkan mineral anorganik yang terdapat didalam tubuh” (*Dr. Allen E. Bani, “Your Water and Your Health”, Keats Publishing, Inc., 1990, Connecticut, USA*).

2.15. Tinjauan Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh beberapa orang. Penelitian mengenai pemanfaatan sinar matahari untuk sistem destilasi sudah dilakukan beberapa tahun yang lalu yang bertujuan untuk menghasilkan air tawar. Berikut ini adalah tinjauan dari penelitian sebelumnya.

Tabel 2.3. Tinjauan Literatur

No.	Nama Peneliti	Judul	Metodologi	Hasil
1	Ardhila Chadarisman	Studi Eksperimental Rancang Bangun Sistem Desalinasi Tenaga Surya Menggunakan Solar Reflector untuk Produksi Brine pada 25° Be	Dilakukan penelitian dengan model alat destilasi tenaga surya untuk penguapan dengan memvariasi sudut atap. Kemudian menganalisa perpindahan panas dan laju penguapan	Dari percobaan yang dilakukan di dapatkan hasil laju penguapan untuk tanpa bukaan, bukaan 1, & bukaan 2 masing-masing 0.000742kg/s ; 0.000523 kg/s ; dan 0.000432 kg/s
2	Ketut Astawa	Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton	Dilakukan penelitian dengan membandingkan performansi alat destilasi air laut yang menggunakan penyerap tipe datar, penyerap tipe bergelombang, dan penyerap tipe bergelombang yang dilapisi batu kerikil. Kemudian menganalisa perpindahan panas dan laju penguapan	Dari percobaan yang dilakukan di dapatkan hasil kondensatnya untuk penyerap tipe datar, penyerap tipe bergelombang, dan penyerap tipe bergelombang yang dilapisi batu kerikil masing-masing 795 ml, 1250 ml, 1295 ml
3	Mulyanef	Kaji Eksperimental Untuk Meningkatkan Performasi Destilasi Surya Basin Tiga Tingkat Menggunakan Beberapa Bahan Penyimpan Panas	Dilakukan penelitian dengan menggunakan alat destilasi surya basin tiga tingkat dengan menggunakan berbagai bahan penyimpan panas (aluminium, stainless steel dan seng). Kemudian menganalisa perpindahan panas dan laju penguapan	Dari percobaan yang dilakukan di dapatkan hasil untuk stainless steel sebanyak 599,8 ml, seng sebanyak 249,1 ml, dan aluminium sebanyak 225,3 ml.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metodologi merupakan kerangka dasar dari tahapan penyelesaian skripsi ini. Metode penulisan skripsi ini mencakup semua kegiatan yang akan dilaksanakan guna melakukan proses analisa terhadap permasalahan yang ada. Yang akan digunakan dalam pengerjaan skripsi ini adalah melakukan percobaan dan pengambilan data. Dengan adanya metodologi ini akan mempermudah pengerjaan skripsi. Untuk lebih jelasnya akan dibahas seperti yang ada di bawah ini.

3.1. Identifikasi Perumusan Masalah

Awal tahapan dalam pengerjaan skripsi ini adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang ada. Perlu juga perumusan masalah yang nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan skripsi ini. Selain itu, juga terdapat batasan masalah. Hal ini dimaksudkan agar topik bahasan lebih mendetail dan tidak meluas. Juga akan memudahkan penulis dalam melakukan analisa masalah.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai referensi guna menunjang penulisan skripsi ini. Referensi yang diperlukan mengenai *solar water destilator* ini dapat dicari melalui berbagai media, antara lain:

- Buku.
- Jurnal ilmiah.
- Artikel ilmiah.
- Paper ilmiah.
- Tugas akhir sebelumnya yang sesuai dengan topik bahasan.
- Internet.

Untuk pencarian berbagai referensi dan literatur dilakukan di beberapa tempat, antara lain:

- Perpustakaan Pusat ITS.
- Ruang Baca FTK ITS.
- Perpustakaan Jurusan Teknik Fisika FTI ITS.
- Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS.

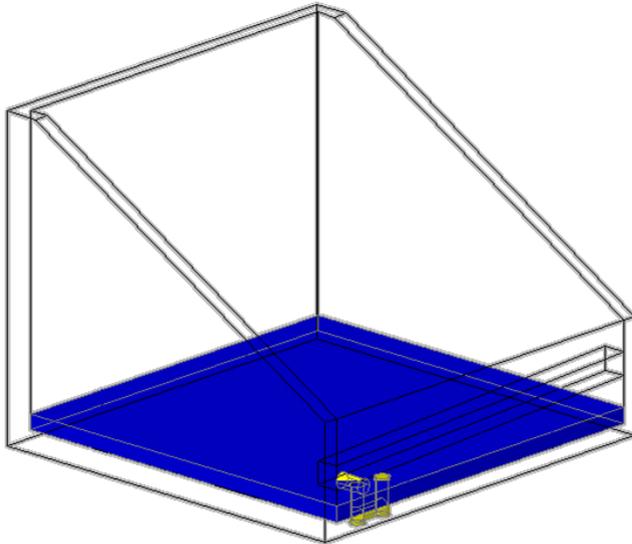
Berbagai referensi dan literatur guna mendukung dalam pengerjaan skripsi ini. Utamanya berkaitan dengan pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber energi yang ramah lingkungan dan energi terbarukan serta pemanfaatan untuk *solar water destilator* dalam penelitian sebelumnya dan berbagai literatur yang saling mendukung.

3.3. Pengumpulan Data

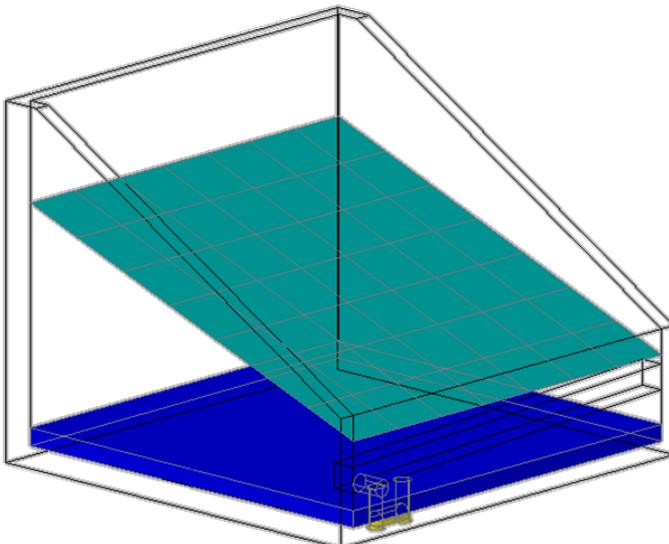
Pengumpulan data dilakukan guna menunjang dalam pengerjaan skripsi ke depannya. Pengumpulan data-data yang diperlukan untuk merancang desain *solar water destilator* dengan teknologi insulasi kaca vakum yang efektif dan efisien dan data-data yang diperlukan demi menunjang pengerjaan tugas akhir.

3.4. Perancangan Model

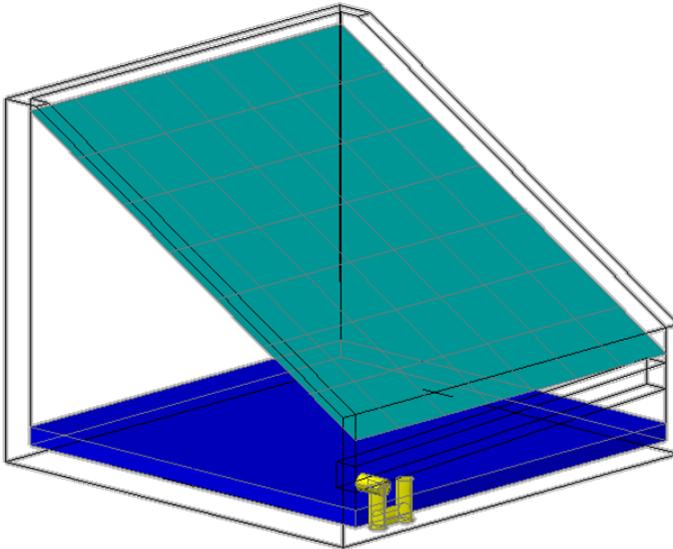
Setelah data-data yang dikumpulkan cukup memadai maka selanjutnya adalah membuat desain model. Bahan utama yang diperlukan adalah kaca hitam dan kaca bening dengan ukuran yang telah ditentukan kemudian dipasang sesuai dengan bentuk yang didesain. Kaca hitam pada bagian dalam sedangkan kaca bening pada bagian luar. Bisa dilakukan penggambaran *layout drawing*-nya.



*Gambar 3.1. Desain Model Alat dengan Dinding Ganda
(rongga vakum 20 mm)*



Gambar 3.2. Desain Model dengan Kaca Penutup Sudut 20°



Gambar 3.3. Desain Model dengan Kaca Penutup Sudut 30°

Dimensi dari model alat adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Dimensi Alat yang Dirancang

Dimensi alat (dengan margin ketebalan kaca = 5 mm):

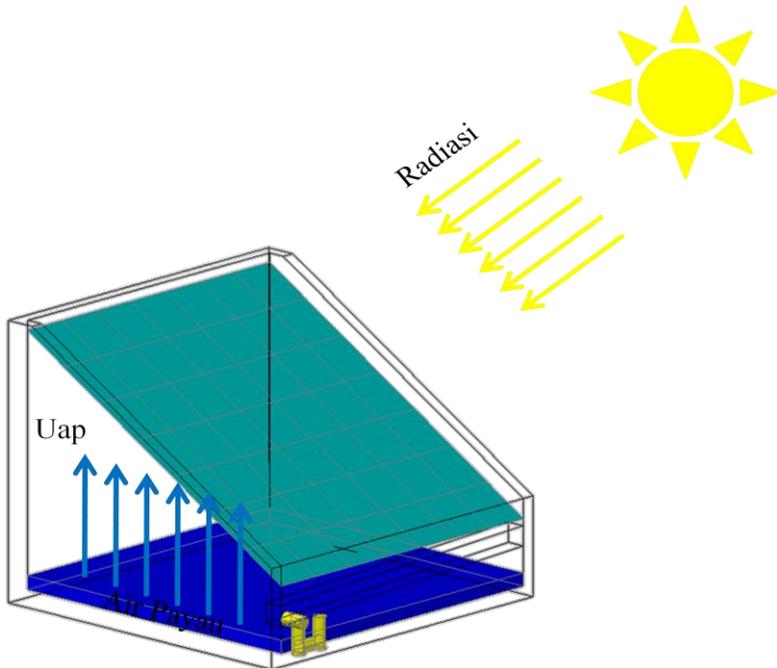
Item	No.	Bagian	Ukuran (mm)	Jumlah
<i>Lapisan dalam</i>	1	Alas	500 x 500	1
	2	Belakang	510 x 405	1
	3	Kanan	500 x 405 x 135 x 30	1
	4	Kiri	500 x 405 x 135 x 30	1
	5	Depan	560 x 160	1
Item	No.	Bagian	Ukuran (mm)	Jumlah
<i>Lapisan luar</i>	1	Alas	550 x 525	1
	2	Belakang	560 x 430	1
	3	Kanan	525 x 430 x 160 x 55	1
	4	Kiri	525 x 430 x 160 x 55	1

Prinsip kerja alat ini adalah alat *solar water destilator* yang sudah terbuat dan dirangkai sesuai dengan desain diatas dengan bahan kaca hitam, kemudian di isi dengan air payau. Sesuai dengan perhitungan, untuk percobaan ini air payau yang digunakan sebanyak 5 liter air. Setelah terisi dengan air payau baru dijemur di bawah sinar matahari. Kemudian akan dibandingkan hasil penguapannya antara alat tersebut tidak divakumkan dengan masing-masing sudut kemiringan kaca penutup 20° & 30° dengan alat tersebut divakumkan masing-masing sudut kemiringan kaca penutup 20° & 30° . Dengan adanya vakum ini akan diketahui apakah vakum ini bisa menjadi isolasi yang efektif.

Lalu air payau akan menguap karena suhu naik. Uap tersebut akan menempel di kaca penutup yang miring. Kemudian akan mengalir dan menyatu di penampungan yang telah disediakan. Dari percobaan tersebut maka akan diketahui *flow rate* uap air yang dihasilkan, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap air, sensitivitas model terhadap cuaca dan perubahan letak matahari. Dengan memvariasikan sudut kemiringan kaca penutup yaitu 20° dan 30° . Selain itu akan dibandingkan hasilnya dengan alat yang tidak divakumkan.

3.5. Pelaksanaan Percobaan dan Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan percobaan dilakukan menggunakan model alat yang telah dibuat. Pada akhirnya data yang didapatkan berupa *flow rate* uap air yang dihasilkan, waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan uap air, sensitivitas model terhadap cuaca dan perubahan letak matahari. Pada intinya, akan menjawab permasalahan yang ada.



Gambar 3.4. Sistem Kerja Alat

3.6. Analisa Data Percobaan

Pada tahap ini, data-data yang telah dikumpulkan dari hasil percobaan akan dianalisa sesuai teori yang ada. Kemudian dibuat suatu grafik perbandingan tiap percobaan dari hari ke hari. Sehingga akan diketahui apakah *solar water destilator* dengan teknologi insulasi kaca vakum ini akan menghasilkan uap air yang diinginkan.

3.7. Kesimpulan dan Saran

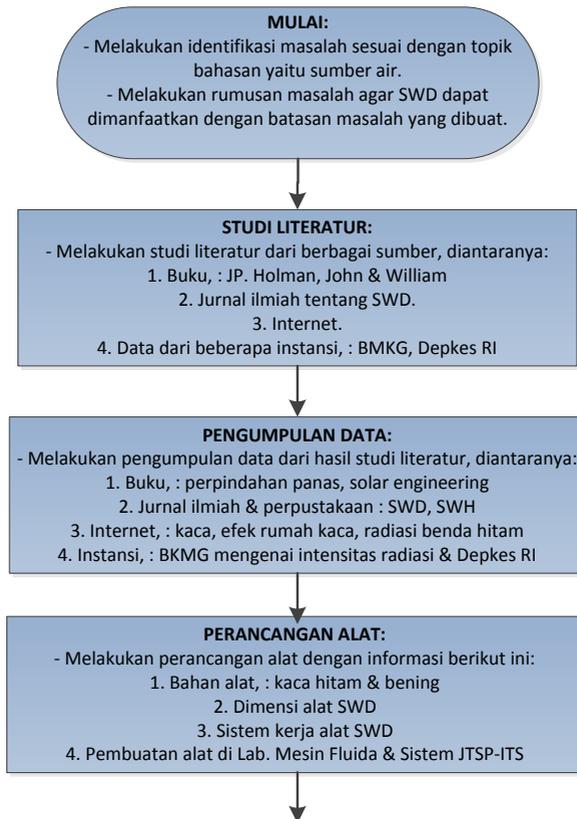
Tahap ini merupakan tahapan dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai keseluruhan proses yang telah dilakukan. Selain itu, juga memberikan saran terkait dengan penelitian

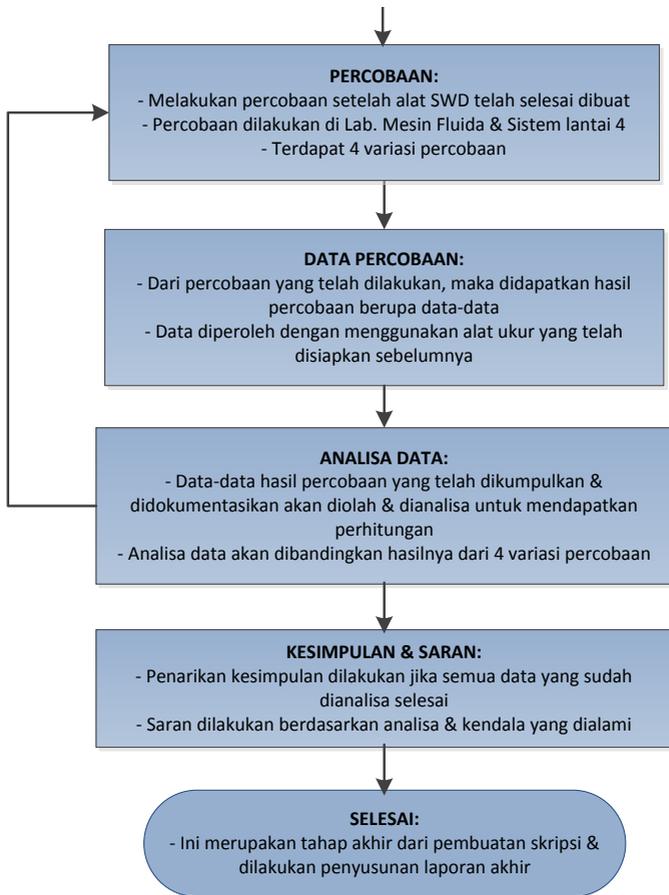
selanjutnya. Hipotesa awal dalam skripsi ini adalah akibat panas yang terperangkap di dalam alat (seperti efek rumah kaca), maka air payau akan cepat menguap dengan intensitas panas di musim kemarau dan letak matahari akan mempengaruhi *flow rate* uap yang dihasilkan dan dengan adanya vakum pada dinding maka panas akan terisolasi.

3.8. Penyusunan Laporan

Tahap ini merupakan tahapan akhir dimana dilakukan penyusunan laporan untuk membukukan semua kegiatan penelitian yang telah dilakukan, yang nantinya dapat dipublikasikan dan digunakan sebagai referensi dalam penelitian selanjutnya.

3.9. Flow Chart Tugas Akhir





Gambar 3.5. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Peralatan dan Bahan yang Digunakan

Pada percobaan yang telah dilakukan, digunakan beberapa peralatan yang mendukung berlangsungnya percobaan serta bahan untuk percobaan. Peralatan dan bahan tersebut yaitu:

4.1.1. Solar Water Destilator

Solar water destilator merupakan alat utama dalam percobaan ini, yang merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah air laut ataupun air payau menjadi air tawar dengan bantuan sinar matahari. Sehingga air yang dihasilkan dapat berguna bagi manusia serta lebih ramah lingkungan dan menggunakan energi terbarukan. Akan tetapi diperlukan *alat solar water destilator* yang mampu memproduksi air tawar sebanyak-banyaknya dalam pemakaian satu hari. Pada umumnya *solar water destilator* yang ada tidak terdapat isolasi panas, sehingga suhu di dalam alat tersebut tidak terlalu tinggi akibat adanya panas yang keluar ke lingkungan karena tidak terdapat isolasi. Oleh sebab itu dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan isolasi vakum (hampa udara) dengan ketebalan rongga 2 mm. Dengan adanya ruang vakum ini maka tidak ada perpindahan panas secara konveksi dari dalam alat ke lingkungan. Sehingga panas akan terperangkap di dalam alat dan suhu akan naik yang mengakibatkan air akan cepat menguap. Selain itu alat rancangan ini menggunakan kaca hitam (rayben) di bagian dalam dan kaca bening di bagian luar dengan ketebalan 5 mm. Alat ini memiliki dimensi sebagai berikut:

Tabel 4.1. Dimensi Alat yang Dirancang

Dimensi alat (dengan margin ketebalan kaca = 5 mm):

Item	No.	Bagian	Ukuran (mm)	Jumlah
<i>Lapisan dalam</i>	1	Alas	500 x 500	1
	2	Belakang	510 x 405	1
	3	Kanan	500 x 405 x 135 x 30	1
	4	Kiri	500 x 405 x 135 x 30	1
	5	Depan	560 x 160	1
Item	No.	Bagian	Ukuran (mm)	Jumlah
<i>Lapisan luar</i>	1	Alas	550 x 525	1
	2	Belakang	560 x 430	1
	3	Kanan	525 x 430 x 160 x 55	1
	4	Kiri	525 x 430 x 160 x 55	1



Gambar 4.1. Solar Water Destilator Yang Dibuat

4.1.2. Kaca Penutup

Pada penelitian ini digunakan 2 buah kaca penutup dengan masing-masing dapat membentuk sudut 20° dan 30° saat di tutupkan di alat *solar water destilator* tersebut. Kaca penutup ini memiliki ukuran sebagai berikut:

- ❖ Untuk sudut $20^\circ = 532 \times 500$
- ❖ Untuk sudut $30^\circ = 576 \times 500$

Kaca penutup ini memiliki fungsi ganda, yaitu sebagai penangkap uap air yang terbentuk dan juga sebagai kondensor alami yang mengubah uap air menjadi air. Selain itu kaca penutup ini memiliki fungsi sebagai jalan masuknya radiasi matahari disamping dinding-dinding yang lainnya. Kaca penutup ini menggunakan kaca bening dengan ketebalan 5 mm. Berikut ini adalah gambarnya.



Gambar 4.2. Kaca Penutup Alat

4.1.3. Pompa Vakum

Pompa vakum digunakan untuk memvakumkan udara pada dinding *solar water destilator* dengan ketebalan rongga 20 mm agar hampa udara. Berikut spesifikasi pompa vakum yang digunakan dalam percobaan.

Tabel 4.2. Spesifikasi Pompa Vakum

Model	TW 1A
Free Air Displacement	20 cfm
Ultimate Vacuum	10 Pa
Power	1/4 HP
Volt	220 V - 240 V / 60 Hz
Oil Capacity	250 mL



Gambar 4.3. Pompa Vakum

4.1.4. Thermometer Air Raksa

Thermometer air raksa ini difungsikan sebagai indikator temperatur atau pengukur temperatur. Alat ini digunakan untuk mengukur temperatur saat percobaan berlangsung. Jumlah thermometer yang digunakan ada 4 buah yang digunakan untuk mengukur suhu di dalam alat, suhu air payau di dalam alat, suhu dinding dalam alat, suhu dinding luar alat, dan suhu lingkungan sekitar. Berikut ini adalah gambarnya.



Gambar 4.4. Thermometer Air Raksa

4.1.5. Penggaris Busur

Penggaris busur ini digunakan sebagai pengukur sudut penyinaran matahari terhadap lokasi percobaan dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui posisi matahari terhadap lokasi percobaan. Dengan demikian maka posisi matahari dapat mempengaruhi hasil percobaan. Jumlahnya hanya 1 buah saja. Berikut ini adalah gambarnya.



Gambar 4.5. Penggaris Busur

4.1.6. Air Payau

Air payau ini merupakan bahan utama dalam percobaan ini. Karena sesuai dengan tujuan percobaan ini yaitu sebagai destilasi agar menjadi air tawar. Air payau yang digunakan diambil dari daerah Kenjeran, Surabaya. Air payau yang digunakan untuk percobaan ini sebesar 5 liter. Berikut ini gambarnya.



Gambar 4.6. Air Payau

4.1.7. Gelas Ukur

Gelas ukur merupakan alat ukur volume. Gelas ukur ini digunakan untuk mengukur berapa volume uap air yang dihasilkan setelah proses percobaan dalam 1 hari selesai. Jumlahnya hanya 1 buah saja dengan ukuran 25 ml. Berikut ini adalah gambarnya.



Gambar 4.7. Gelas Ukur

4.1.8. Kompas Magnetik

Kompas magnetik merupakan alat yang digunakan untuk menunjukkan arah mata angin. Dalam percobaan ini di khususkan menunjukkan arah utara. Tujuannya adalah agar alat destilasi yang dibuat benar-benar menghadap ke utara sehingga sudut yang dibuat antara matahari dengan alat destilasi menjadi presisi.



Gambar 4.8. Kompas Magnetik

4.1.9. Hose

Hose atau disebut juga dengan selang karet ini merupakan salah satu perangkat yang digunakan dalam percobaan yang memiliki fungsi untuk mengalirkan udara. Disini udara yang dimaksud adalah udara yang berasal dari dinding ganda untuk disedot dengan pompa vakum untuk dibuang ke lingkungan. Sehingga dinding ganda tersebut menjadi vakum. Diameter hose adalah $\frac{1}{4}$ inchi.



Gambar 4.9. Hose

4.1.10. Ball Valve

Ball valve merupakan salah satu jenis katup yang digunakan untuk menutup dan membuka aliran fluida. Disini digunakan 1 buah ball valve yang memiliki diameter sama dengan hose yaitu $\frac{1}{4}$ inchi. Ball valve ini digunakan untuk menutup aliran saat proses pemvakuman selesai dilakukan.



Gambar 4.10. Ball Valve

4.1.11. Pengukur Sudut

Pengukur sudut ini digunakan untuk mengukur besarnya sudut bayangan yang dibentuk oleh matahari terhadap alat destilasi. Alat ini terdiri dari sebuah paku dan papan kayu dimana paku tersebut tegak lurus tertancap di papan kayu. Sehingga saat terkena sinar matahari maka paku tersebut akan membentuk bayangan.



Gambar 4.11. Pengukur Sudut

4.1.12. Compound Gauge

Compound gauge merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui tekanan suatu ruangan. Dalam percobaan ini compound gauge ini digunakan untuk mengetahui tekanan didalam dinding ganda yang divakumkan. Compound gauge ini dapat mengukur tekanan dibawah 0 bar. Berbeda dengan pressure gauge.



Gambar 4.12. Compound Gauge

4.2. Variasi Percobaan

Pada percobaan dan penelitian ini, telah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya yaitu mengenai proses pengolahan air payau menjadi air tawar. Salah satunya adalah dengan energi yang ramah lingkungan yaitu pemanfaatan sinar matahari untuk proses tersebut yaitu *solar water destilator*. Perbedaan dari penelitian-penelitian yang sudah ada dan sudah pernah dilakukan sebelumnya adalah dengan melakukan inovasi yaitu membuat dinding pada alat menjadi ganda dan membentuk rongga, dimana rongga tersebut nantinya akan divakumkan sebesar -0.4 bar dengan tujuan agar tidak terjadi perpindahan panas secara konveksi sehingga panas akan terisolasi di dalam alat. Selain itu kaca penyerap menggunakan kaca rayben warna hitam dengan tujuan menyerap panas untuk memanaskan air.

Dalam penelitian ini ada 4 macam percobaan yaitu sudut kaca penutup 30° tanpa vakum, sudut kaca penutup 20° tanpa vakum, sudut kaca penutup 30° dengan vakum, dan sudut kaca penutup 20° dengan vakum dimana masing-masing menggunakan air payau 5 liter. Dari percobaan itu akan dilihat percobaan mana yang akan menghasilkan air tawar paling banyak.

Tabel 4.3. Variasi Percobaan Yang Dilakukan

Percobaan ke-	Air Payau	Sudut Kaca Penutup	Tekanan Vakum Rongga	Hasil Air Tawar	Flow Rates (cc/mnt)
1	5 L	30°	0 bar	345 ml	0.383
2	5 L	20°	0 bar	285 ml	0.317
3	5 L	30°	-0.4 bar	366 ml	0.407
4	5 L	20°	-0.4 bar	213 ml	0.507

4.3. Analisa Hasil Percobaan

4.3.1. Perhitungan Perancangan dan Desain Alat

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan perencanaan dan perancangan alat solar water destilator yang akan dibuat. Tujuannya adalah agar alat yang dibuat benar-benar terkonsep dengan baik serta bekerja dengan baik. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam perhitungan perancangan alat.

1. Perencanaan air payau yang akan di distilasi adalah 5 L.

$$V = 5 \text{ L}$$

$$V = 5 \text{ dm}^3$$

$$V = 0.005 \text{ m}^3$$

2. Diketahui bahwa konduktivitas termal kaca:

$$K_T \text{ kaca} = 0.75 \text{ W/m.K}$$

3. Diketahui intensitas radiasi matahari rata-rata di Jatim:

$$IR = 4.3 \text{ W/h.m}^2$$

karena 11 jam operasi, maka:

$$IR = 47.3 \text{ W/m}^2$$

4. Kebutuhan kalor untuk memanaskan air adalah:

$$\rho = m/V$$

$$m = \rho \times V$$

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$V = 0.005 \text{ m}^3$$

jadi:

$$m = 5.125 \text{ kg}$$

$$c = 4200 \text{ J/kg.K}$$

$$T1 = 303 \text{ K}$$

$$T2 = 323 \text{ K}$$

$$\Delta T = 20 \text{ K}$$

(estimasi suhu tertinggi adalah 50° C)

Jadi:

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 430500 \quad \text{J}$$

$$P = \text{Joule/sekon}$$

karena 11 jam (39600 sekon) operasi, maka:

$$P = 10.87 \quad \text{W}$$

5. Sehingga luasan yang diperlukan adalah:

$$A = P/IR$$

$$A = 0.23 \quad \text{m}^2$$

diambil

$$A = 0.25 \quad \text{m}^2$$

jadi:

$$P = 0.5 \quad \text{m}$$

$$L = 0.5 \quad \text{m}$$

$$A = 0.25 \quad \text{m}^2$$

6 Sehingga ukuran alat yang dibuat:

$$P = 0.5 \quad \text{m}$$

$$L = 0.5 \quad \text{m}$$

Agar volumenya menjadi 0.005 m^3 , maka ketinggiannya ialah:

$$T = 0.02 \quad \text{m}$$

$$\text{Volume} = 0.005 \quad \text{m}^3$$

Sehingga dimensi alat menjadi:

Tabel 4.4. Dimensi Alat yang Dirancang

Dimensi alat (dengan margin ketebalan kaca = 5 mm):

Item	No.	Bagian	Ukuran (mm)	Jumlah
<i>Lapisan dalam</i>	1	Alas	500 x 500	1
	2	Belakang	510 x 405	1
	3	Kanan	500 x 405 x 135 x 30	1
	4	Kiri	500 x 405 x 135 x 30	1
	5	Depan	560 x 160	1
Item	No.	Bagian	Ukuran (mm)	Jumlah
<i>Lapisan luar</i>	1	Alas	550 x 525	1
	2	Belakang	560 x 430	1
	3	Kanan	525 x 430 x 160 x 55	1
	4	Kiri	525 x 430 x 160 x 55	1

Perhitungan luasan alat (lapisan dalam):1) Untuk bagian bawah:

$$p = 500 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}$$

$$l = 500 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}$$

$$A = 0.25 \text{ m}^2$$

2) Untuk bagian belakang:

$$p = 510 \text{ mm} = 0.51 \text{ m}$$

$$l = 405 \text{ mm} = 0.405 \text{ m}$$

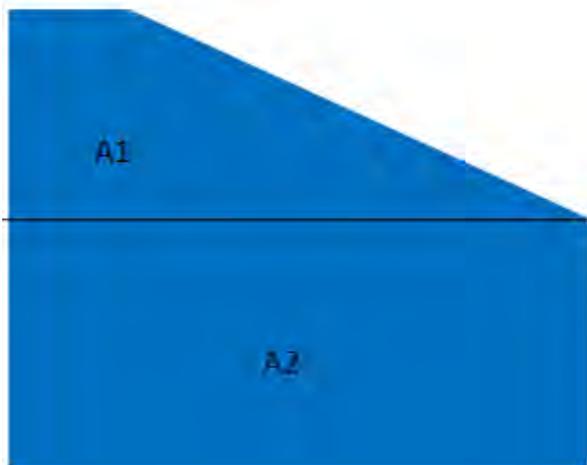
$$A = 0.20655 \text{ m}^2$$

3) Untuk bagian depan:

$$p = 510 \text{ mm} = 0.51 \text{ m}$$

$$l = 135 \text{ mm} = 0.135 \text{ m}$$

$$A = 0.06885 \text{ m}^2$$

4) Untuk bagian samping (2 sisi):

Untuk A1 - luas trapesium:

$$p1 = 500 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}$$

$$p2 = 30 \text{ mm} = 0.03 \text{ m}$$

$$t = 270 \text{ mm} = 0.27 \text{ m}$$

$$A1 = ((p1+p2) \times t)/2$$

$$A1 = 0.07155 \text{ m}^2$$

Untuk A2 - luas persegi panjang:

$$p1 = 500 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}$$

$$p2 = 135 \text{ mm} = 0.135 \text{ m}$$

$$A2 = 0.0675 \text{ m}^2$$

Luas A3 - luas total dinding samping:

$$A3 = (A1 + A2) \times 2$$

$$A3 = 0.2781 \text{ m}^2$$

5) Untuk bagian atas:

Untuk kaca dengan kemiringan 20°:

$$p = 532 \text{ mm} = 0.532 \text{ m}$$

$$l = 500 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}$$

$$A = 0.266 \text{ m}^2$$

Untuk kaca dengan kemiringan 30°:

$$p = 576 \text{ mm} = 0.576 \text{ m}$$

$$l = 500 \text{ mm} = 0.5 \text{ m}$$

$$A = 0.288 \text{ m}^2$$

6) Luasan total alat:

Untuk kaca dengan kemiringan 20°:

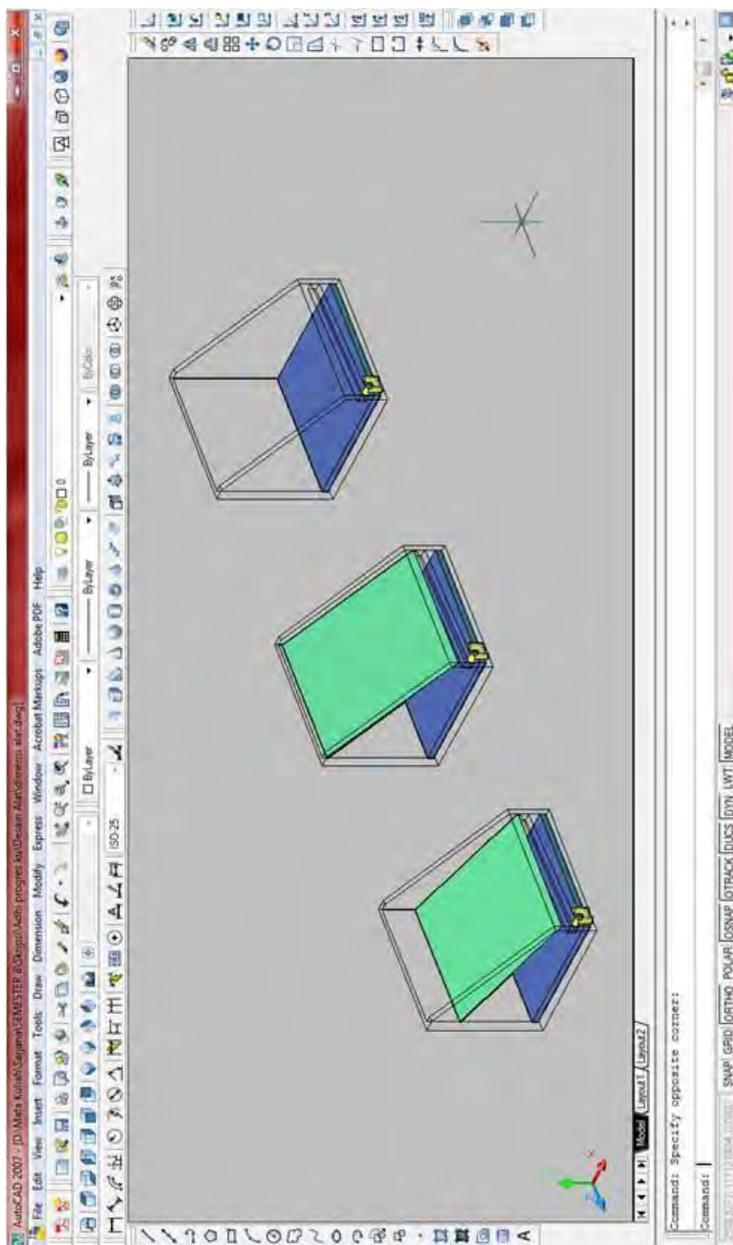
$$A \text{ alat} = \text{luas bawah+belakang+depan+samping+atas}$$

$$A \text{ alat} = 1.070 \text{ m}^2$$

Untuk kaca dengan kemiringan 30°:

$$A \text{ alat} = \text{luas bawah+belakang+depan+samping+atas}$$

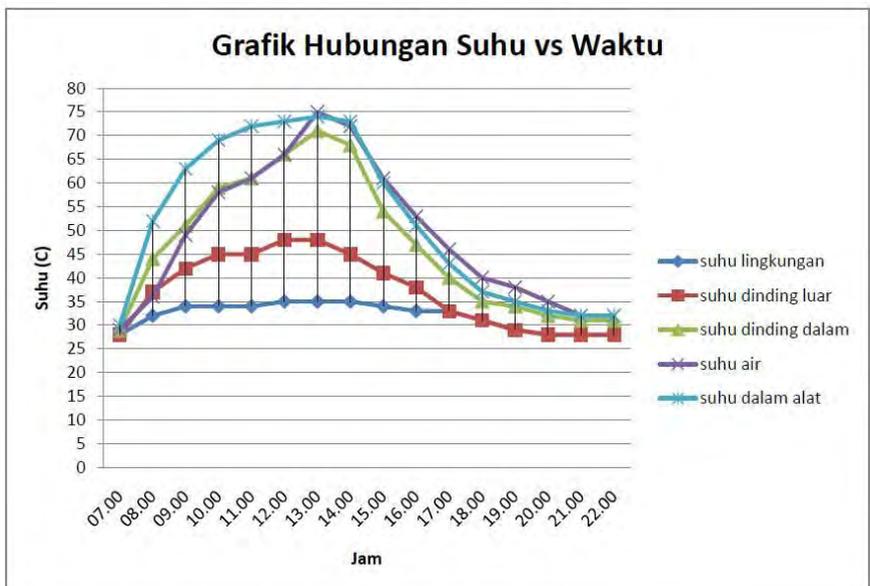
$$A \text{ alat} = 1.092 \text{ m}^2$$



Gambar 4.13. Rancangan Alat

4.3.2. Percobaan ke-1 dengan Sudut Kaca Penutup 30° Tanpa Vakum

Percobaan pertama ini yaitu dengan cara melakukan variasi sudut kaca penutup dengan sudut kemiringan yaitu 30° . Dengan menggunakan air payau sebanyak 5 L. Dari percobaan ini akan dilakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan, yaitu suhu lingkungan, suhu dinding luar, suhu dinding dalam, suhu dalam alat, suhu air, dan posisi matahari. Percobaan dilakukan pada hari Sabtu 26 April 2014 bertempat di Laboratorium Mesin Fluida lantai 4 selama 15 jam dari pukul 07.00-22.00. Berikut ini adalah hasil percobaan ke-1 dan data serta analisisnya.



Gambar 4.14. Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu Pada Percobaan 1

Tabel 4.5. Tabel Pengambilan Data Percobaan 1

Percobaan 1 : Sabtu, 26 April 2014
Tabel Pengambilan Data (sudut 30° tanpa vakum)

Waktu	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Dinding luar (°C)	Suhu Dinding dalam (°C)	Suhu Air (°C)	Suhu Dalam Alat (°C)	Sudut Matahari
07.00	28	28	29	29	30	13°
08.00	32	37	44	36	52	24°
09.00	34	42	51	49	63	39°
10.00	34	45	59	58	69	43°
11.00	34	45	61	61	72	71°
12.00	35	48	66	66	73	90°
13.00	35	48	71	75	74	115°
14.00	35	45	68	72	73	150°
15.00	34	41	54	61	60	160°
16.00	33	38	47	53	51	170°
17.00	33	33	40	46	43	-
18.00	31	31	35	40	37	-
19.00	29	29	34	38	35	-
20.00	28	28	32	35	33	-
21.00	28	28	31	32	32	-
22.00	28	28	31	32	32	-
Rata:	31.94	37.13	47.06	48.94	51.81	

Analisa Perhitungan Percobaan 1

1. Kelembaban udara : 59% - 95%

2. Tekanan udara tertinggi : 1013.1 mb

3. Tekanan udara terendah : 1003.4 mb

(Sumber: *BMKG Juanda dan Perak, Surabaya*)

4. Rate pembentukan air : dalam satuan cc/menit

Volume : 345 ml

Volume : 345 cc

Waktu : 15 jam

Waktu : 900 menit

Jadi: volume/waktu

Rate = 0.383 cc/menit

5. Analisa perpindahan panas

a) *Perpindahan panas secara konduksi*

$$q_{\text{konduksi}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

keterangan:

q_{konduksi} = laju perpindahan panas secara konduksi (W).

k = konduktivitas termal bahan (W/mK).

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perbedaan suhu diantara dua permukaan (K).

* suhu permukaan dalam (K).

* suhu permukaan luar (K).

Δx = tebal permukaan (m).

b) *Perpindahan panas secara konveksi*

$$q_{\text{konveksi}} = h A \Delta T$$

keterangan:

q_{konveksi} = laju perpindahan panas secara konveksi (W).

h = koefisien konveksi ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$).

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perpindahan suhu (K).

* suhu dinding (K).

* suhu fluida (K).

c) *Perpindahan panas secara radiasi*

$$q_{\text{radiasi}} = \varepsilon \sigma A \Delta T^4$$

keterangan:

q_{radiasi} = laju perpindahan panas secara radiasi (W).

ε = emisivitas benda (bernilai 0 - 1).

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann,
 $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perpindahan suhu (K).

* suhu dinding luar (K).

* suhu lingkungan (K).

6. Analisa Keseimbangan Energi

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}}$$

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

keterangan:

Q_{radiasi} = total selama pengujian (W).

Q_{konduksi} = total selama pengujian (W).

Q_{konveksi} = total selama pengujian (W).

m = laju penguapan (kg/s).

$$= 345 \text{ ml}$$

$$= 0.345 \text{ kg} \quad (\text{selama 15 jam})$$

$$= 0.00000639 \text{ kg/s}$$

hfg udara = enthalpi penguapan (kJ/kg).

$$= 52.341 \text{ kJ/kg (pada suhu udara rata-rata 52 C)}$$

sehingga:

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

$$Q_{\text{rad}} = 51218.97 \text{ W}$$

7. Analisa Koefisien Kerugian Panas Menyeluruh (U)

Kerugian ini terjadi di semua lapisan alat, baik bagian atas, bagian bawah, dan bagian samping. Dengan rumus untuk koefisien:

$$U = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

keterangan:

U = koefisien kerugian yang terjadi ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$).

$$\begin{aligned}
 h_1 &= \text{koefisien konveksi fluida 1 (W/m}^2\text{.K).} \\
 &= 25, \text{ untuk fluida gas konveksi alami.} \\
 h_2 &= \text{koefisien konveksi fluida 2 (W/m}^2\text{.K).} \\
 &= 10, \text{ untuk fluida gas konveksi alami konstan.} \\
 h_3 &= \text{koefisien konveksi fluida 3 (W/m}^2\text{.K).} \\
 &= 2500, \text{ untuk konveksi dengan perubahan fase.} \\
 \Delta x &= \text{tebal permukaan (m).} \\
 &= 0.005 \text{ m.} \\
 k &= \text{konduktivitas termal bahan (W/mK).} \\
 &= 0.75 \text{ W/mK untuk bahan kaca.}
 \end{aligned}$$

jadi:

Bagian atas:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{atas}} &= 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3) \\
 U_{\text{atas}} &= 21.25 \text{ W/m}^2\text{.K}
 \end{aligned}$$

Bagian depan:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{depan}} &= 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3) \\
 U_{\text{depan}} &= 18.61 \text{ W/m}^2\text{.K}
 \end{aligned}$$

Bagian
belakang:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{belakang1}} &= 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2) \\
 U_{\text{belakang1}} &= 6.82 \text{ W/m}^2\text{.K} \\
 U_{\text{belakang2}} &= 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3) \\
 U_{\text{belakang2}} &= 9.34 \text{ W/m}^2\text{.K} \\
 U_{\text{belakang total}} &= 16.16 \text{ W/m}^2\text{.K}
 \end{aligned}$$

Bagian bawah:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{bawah1}} &= 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2) \\
 U_{\text{bawah1}} &= 6.82 \text{ W/m}^2\text{.K} \\
 U_{\text{bawah2}} &= 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3) \\
 U_{\text{bawah2}} &= 9.34 \text{ W/m}^2\text{.K}
 \end{aligned}$$

$$U \text{ bawah total} = 16.16 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Bagian kanan-
kiri:

$$U_{\text{samping1}} = 1 / (1/h1 + \Delta x/k + 1/h2) \times 2$$

$$U_{\text{samping1}} = 13.64 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_{\text{samping2}} = 1 / (1/h2 + \Delta x/k + 1/h3) \times 2$$

$$U_{\text{samping2}} = 18.68 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U \text{ samping total} = 32.32 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

jadi koefisien kerugian totalnya:

$$U \text{ total} = U_{\text{atas}} + U_{\text{depan}} + U_{\text{belakang}} + U_{\text{bawah}} + U_{\text{samping}}$$

$$U \text{ total} = 104.49 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

8. Analisa Energi Berguna Kolektor (Qu)

$$Q_u = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_u = (a \cdot I_T \cdot A_c \cdot \tau) - (U_L \cdot A_c \cdot (T_p - T_a))$$

keterangan:

Q_u = energi berguna kolektor (W).

a = koefisien absorbtivitas kaca penyerap.
= 0.2

I_T = intensitas matahari (W/m^2).

= 4.3 W/m^2

A_c = luas kaca penyerap (m^2).

= $0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$

= 0.25 m^2

τ = koefisien transmisivitas kaca penyerap.

= 0.8

U_L = koefisien kerugian total ($\text{W/m}^2.\text{K}$).

= 104.49 $\text{W/m}^2.\text{K}$

T_a = temperatur kaca penyerap rata-rata (K).

= 49 C

$$\begin{aligned} T_p &= \text{temperatur lingkungan rata-rata (K).} \\ &= 32 \quad \text{C} \end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_{in} - Q_{out} \\ Q_u &= 444.3 \quad \text{W} \end{aligned}$$

9. Analisa Energi Berguna Destilasi (Qu-d)

$$Q_{u-d} = \frac{(mk \times h \text{ f}g)}{t}$$

keterangan:

$$\begin{aligned} Q_{u-d} &= \text{energi berguna destilasi (kJ/s).} \\ mk &= \text{total massa air kondensat per hari (kg).} \\ &= 345 \quad \text{ml} \\ &= 0.345 \quad \text{kg} \\ hfg &= \text{panas laten penguapan (kJ/kg).} \\ &= 2384.36 \quad \text{kJ/kg pada suhu air rata-rata } 49^\circ \text{C.} \\ &\quad \text{(Dari tabel termodinamika)} \\ t &= \text{lama pengujian (s).} \\ &= 15 \quad \text{jam} \\ &= 54000 \quad \text{s} \end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned} Q_{u-d} &= (mk \times hfg)/t \\ Q_{u-d} &= 0.0152 \quad \text{kJ/s} \end{aligned}$$

10. Analisa Effisiensi Alat (η_d)

$$\eta_d = \frac{mk \times h \text{ f}g}{A_c \times IT \times t} \times 100\%$$

keterangan:

$$\begin{aligned} \eta_d &= \text{effisiensi alat destilasi.} \\ mk &= \text{total massa air kondensat per hari (kg).} \\ &= 345 \quad \text{ml} \\ &= 0.345 \quad \text{kg} \\ hfg &= \text{panas laten penguapan (kJ/kg).} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2384.36 \text{ kJ/kg pada suhu air rata-rata } 49^\circ \text{ C.} \\
 &\quad \text{(Dari tabel termodinamika)} \\
 A_c &= \text{ luas kaca penyerap (m}^2\text{).} \\
 &= 0.5 \times 0.5 \text{ m}^2 \\
 &= 0.25 \text{ m}^2 \\
 t &= \text{ lama pengujian (s).} \\
 &= 15 \text{ jam} \\
 &= 54000 \text{ s} \\
 I_T &= \text{ intensitas matahari (W/m}^2\text{).} \\
 &= 4.3 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned}
 \eta_d &= (\text{mk} \times \text{hfg} / A_c \times I_T \times t) \times 100\% \\
 \eta_d &= 14.17 \text{ \%}
 \end{aligned}$$

Sedangkan berikut ini adalah untuk analisa perpindahan panas yang terjadi selama proses penggunaan alat. Dimana ada beberapa keterangan mengenai tabelnya, yaitu:

- T_{w1} = suhu dinding dalam (K).
- T_{w2} = suhu dinding luar (K).
- A_1 = luas alat untuk sudut 30° (m^2).
- ΔT = perbedaan suhu antara dinding dalam & luar (K).
- Δx = tebal kaca (m).
- k = konduktivitas termal bahan (W/m.K).
- T_e = suhu lingkungan (K).
- T_r = suhu dalam alat (K).
- ΔT_1 = perbedaan suhu antara ruang dengan dinding dalam (K).
- ΔT_2 = perbedaan suhu dinding luar dengan lingkungan (K).
- h = koefisien konveksi ($\text{W/m}^2.\text{K}$)
- ε = emisivitas benda hitam = 1.
- σ = konstanta Stefan-Boltzmann ($\text{W/m}^2.\text{K}^4$).

Tabel 4.6. Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 1

Waktu	k (W/mK)	A1 (m ²)	T w2 (K)	T w1 (K)	ΔT (K)	Δx (m)	q konduksi (W)
07.00	0.75	1.092	301	302	-1	0.01	81.86
08.00	0.75	1.092	310	317	-7	0.01	573.04
09.00	0.75	1.092	315	324	-9	0.01	736.76
10.00	0.75	1.092	318	332	-14	0.01	1146.08
11.00	0.75	1.092	318	334	-16	0.01	1309.80
12.00	0.75	1.092	321	339	-18	0.01	1473.53
13.00	0.75	1.092	321	344	-23	0.01	1882.84
14.00	0.75	1.092	318	341	-23	0.01	1882.84
15.00	0.75	1.092	314	327	-13	0.01	1064.21
16.00	0.75	1.092	311	320	-9	0.01	736.76
17.00	0.75	1.092	306	313	-7	0.01	573.04
18.00	0.75	1.092	304	308	-4	0.01	327.45
19.00	0.75	1.092	302	307	-5	0.01	409.31
20.00	0.75	1.092	301	305	-4	0.01	327.45
21.00	0.75	1.092	301	304	-3	0.01	245.59
22.00	0.75	1.092	301	304	-3	0.01	245.59
						Total =	13016.14
						Rata-rata =	813.51

Tabel 4.7. Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 1

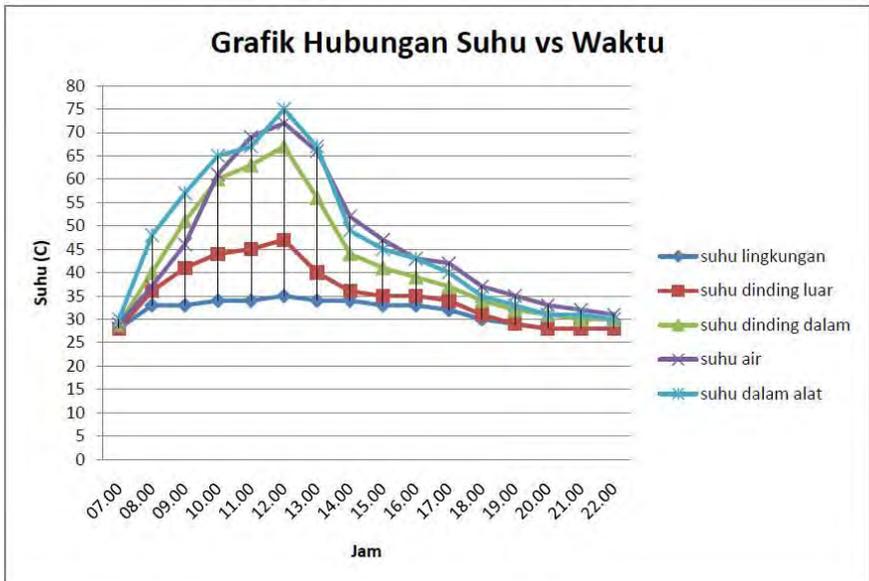
Waktu	h (W/m^2K)	A_1 (m^2)	T_{w2} (K)	T_{w1} (K)	T_e (K)	T_r (K)	ΔT_1 (K)	ΔT_2 (K)	$q_{konveksi 1}$ (W)	$q_{konveksi 2}$ (W)
07.00	5000	1.092	301	302	301	303	1	0	5457.50	0.00
08.00	5000	1.092	310	317	305	325	8	5	43660.00	27287.50
09.00	5000	1.092	315	324	307	336	12	8	65490.00	43660.00
10.00	5000	1.092	318	332	307	342	10	11	54575.00	60032.50
11.00	5000	1.092	318	334	307	345	11	11	60032.50	60032.50
12.00	5000	1.092	321	339	308	346	7	13	38202.50	70947.50
13.00	5000	1.092	321	344	308	347	3	13	16372.50	70947.50
14.00	5000	1.092	318	341	308	346	5	10	27287.50	54575.00
15.00	5000	1.092	314	327	307	333	6	7	32745.00	38202.50
16.00	5000	1.092	311	320	306	324	4	5	21830.00	27287.50
17.00	5000	1.092	306	313	306	316	3	0	16372.50	0.00
18.00	5000	1.092	304	308	304	310	2	0	10915.00	0.00
19.00	5000	1.092	302	307	302	308	1	0	5457.50	0.00
20.00	5000	1.092	301	305	301	306	1	0	5457.50	0.00
21.00	5000	1.092	301	304	301	305	1	0	5457.50	0.00
22.00	5000	1.092	301	304	301	305	1	0	5457.50	0.00
								Total =	414770.00	452972.50
								Rata-rata =	25923.13	28310.78

Tabel 4.8. Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 1

Waktu	ε	σ (W/m^2K^4)	A_1 (m^2)	T_w2 (K)	T_e (K)	T_w2^4	T_e^4	ΔT	q radiasi (W)
07.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
08.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	310	305	9235210000	8.65E+09	5.82E+08	35.99
09.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	315	307	9845600625	8.88E+09	9.63E+08	59.58
10.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	318	307	1.0226E+10	8.88E+09	1.34E+09	83.13
11.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	318	307	1.0226E+10	8.88E+09	1.34E+09	83.13
12.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	321	308	1.0617E+10	9E+09	1.62E+09	100.15
13.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	321	308	1.0617E+10	9E+09	1.62E+09	100.15
14.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	318	308	1.0226E+10	9E+09	1.23E+09	75.93
15.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	314	307	9721171216	8.88E+09	8.38E+08	51.88
16.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	311	306	9354951841	8.77E+09	5.87E+08	36.34
17.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	306	306	8767700496	8.77E+09	0	0.00
18.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	304	304	8540717056	8.54E+09	0	0.00
19.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	302	302	8318169616	8.32E+09	0	0.00
20.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
21.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
22.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
								Total =	626.28
								Rata-rata =	39.14

4.3.3. Percobaan ke-2 dengan Sudut Kaca Penutup 20° Tanpa Vakum

Percobaan kedua ini yaitu dengan cara melakukan variasi sudut kaca penutup dengan sudut kemiringan yaitu 20° . Dengan menggunakan air payau sebanyak 5 L. Dari percobaan ini akan dilakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan, yaitu suhu lingkungan, suhu dinding luar, suhu dinding dalam, suhu dalam alat, suhu air, dan posisi matahari. Percobaan dilakukan pada hari Kamis 1 Mei 2014 bertempat di Laboratorium Mesin Fluida lantai 4 selama 15 jam dari pukul 07.00-22.00. Berikut ini adalah hasil percobaan ke-2 dan data serta analisisnya.



Gambar 4.15. Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu Pada Percobaan 2

Tabel 4.9. Tabel Pengambilan Data Percobaan 2

Percobaan 2 : Kamis, 1 Mei 2014

Tabel Pengambilan Data (sudut 20° tanpa vakum)

Waktu	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Dinding luar (°C)	Suhu Dinding dalam (°C)	Suhu Air (°C)	Suhu Dalam Alat (°C)	Sudut Matahari
07.00	28	28	29	29	30	13°
08.00	33	36	40	37	48	24°
09.00	33	41	51	46	57	39°
10.00	34	44	60	61	65	43°
11.00	34	45	63	69	67	71°
12.00	35	47	67	72	75	90°
13.00	34	40	56	66	67	115°
14.00	34	36	44	52	49	150°
15.00	33	35	41	47	45	160°
16.00	33	35	39	43	43	170°
17.00	32	34	37	42	40	-
18.00	30	31	34	37	35	-
19.00	29	29	32	35	33	-
20.00	28	28	31	33	31	-
21.00	28	28	30	32	31	-
22.00	28	28	30	31	30	-
Rata:	31.63	35.31	42.75	45.75	46.63	-

Analisa Perhitungan Percobaan 2

1. Kelembaban udara : 56% - 93%

2. Tekanan udara tertinggi : 1012.2 mb

3. Tekanan udara terendah : 1005.6 mb

(Sumber: *BMKG Juanda dan Perak, Surabaya*)

4. Rate pembentukan air : dalam satuan cc/menit

Volume : 285 ml

Volume : 285 cc

Waktu : 15 jam

Waktu : 900 menit

Jadi: volume/waktu

Rate = 0.317 cc/menit

5. Analisa perpindahan panas

a) *Perpindahan panas secara konduksi*

$$q_{\text{konduksi}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

keterangan:

q_{konduksi} = laju perpindahan panas secara konduksi (W).

k = konduktivitas termal bahan (W/mK).

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perbedaan suhu diantara dua permukaan (K).

* suhu permukaan dalam (K).

* suhu permukaan luar (K).

Δx = tebal permukaan (m).

b) *Perpindahan panas secara konveksi*

$$q_{\text{konveksi}} = h A \Delta T$$

keterangan:

q_{konveksi} = laju perpindahan panas secara konveksi (W).

h = koefisien konveksi ($W/m^2.K$).

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perpindahan suhu (K).

* suhu dinding (K).

* suhu fluida (K).

c) *Perpindahan panas secara radiasi*

$$q_{\text{radiasi}} = \varepsilon \sigma A \Delta T^4$$

keterangan:

q_{radiasi} = laju perpindahan panas secara radiasi (W).

ε = emisivitas benda (bernilai 0 - 1).

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann,
 $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perpindahan suhu (K).

* suhu dinding luar (K).

* suhu lingkungan (K).

6. Analisa Kesetimbangan Energi

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}}$$

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

keterangan:

Q_{radiasi} = total selama pengujian (W).

Q_{konduksi} = total selama pengujian (W).

Q_{konveksi} = total selama pengujian (W).

m = laju penguapan (kg/s).

$$= 285 \text{ ml}$$

$$= 0.285 \text{ kg (selama 15 jam)}$$

$$= 0.000005 \text{ kg/s}$$

hfg udara = enthalpi penguapan (kJ/kg).

$$= 47.304 \text{ kJ/kg (pada suhu udara rata-rata } 47\text{C)}$$

sehingga:

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

$$Q_{\text{rad}} = 25588.04 \text{ W}$$

7. Analisa Koefisien Kerugian Panas Menyeluruh (U)

Kerugian ini terjadi di semua lapisan alat, baik bagian atas, bagian bawah, dan bagian samping. Dengan rumus untuk koefisien:

$$U = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

keterangan:

- U = koefisien kerugian yang terjadi ($W/m^2.K$).
 h_1 = koefisien konveksi fluida 1 ($W/m^2.K$).
 = 25, untuk fluida gas konveksi alami.
 h_2 = koefisien konveksi fluida 2 ($W/m^2.K$).
 = 10, untuk fluida gas konveksi alami konstan.
 h_3 = koefisien konveksi fluida 3 ($W/m^2.K$).
 = 2500, untuk konveksi dengan perubahan fase.
 Δx = tebal permukaan (m).
 = 0.005 m.
 k = konduktivitas termal bahan (W/mK).
 = 0.75 W/mK untuk bahan kaca.

jadi:

Bagian atas:

$$U_{atas} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{atas} = 21.25 \quad W/m^2.K$$

Bagian depan:

$$U_{depan} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{depan} = 18.61 \quad W/m^2.K$$

Bagian belakang:

$$U_{belakang1} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

$$U_{belakang1} = 6.82 \quad W/m^2.K$$

$$U_{belakang2} = 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{belakang2} = 9.34 \quad W/m^2.K$$

$$U \text{ belakang total} = 16.16 \quad W/m^2.K$$

Bagian bawah:

$$U_{bawah1} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

$$U_{bawah1} = 6.82 \quad W/m^2.K$$

$$U_{bawah2} = 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{bawah2} = 9.34 \quad W/m^2.K$$

$$U \text{ bawah total} = 16.16 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Bagian kanan-kiri:

$$U_{\text{samping1}} = 1 / (1/h1 + \Delta x/k + 1/h2) \times 2$$

$$U_{\text{samping1}} = 13.64 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_{\text{samping2}} = 1 / (1/h2 + \Delta x/k + 1/h3) \times 2$$

$$U_{\text{samping2}} = 18.68 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U \text{ samping total} = 32.32 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

jadi koefisien kerugian totalnya:

$$U \text{ total} = U_{\text{atas}} + U_{\text{depan}} + U_{\text{belakang}} + U_{\text{bawah}} + U_{\text{samping}}$$

$$U \text{ total} = 104.49 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

8. Analisa Energi Berguna Kolektor (Q_u)

$$Q_u = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_u = (a \cdot I_T \cdot A_c \cdot \tau) - (U_L \cdot A_c \cdot (T_p - T_a))$$

keterangan:

Q_u = energi berguna kolektor (W).

a = koefisien absorbtivitas kaca penyerap.

$$= 0.2$$

I_T = intensitas matahari (W/m^2).

$$= 4.3 \text{ W/m}^2$$

A_c = luas kaca penyerap (m^2).

$$= 0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$$

$$= 0.25 \text{ m}^2$$

τ = koefisien transmisivitas kaca penyerap.

$$= 0.8$$

U_L = koefisien kerugian total ($\text{W/m}^2.\text{K}$).

$$= 104.49 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

T_a = temperatur kaca penyerap rata-rata (K).

$$= 46 \text{ C}$$

T_p = temperatur lingkungan rata-rata (K).

$$= 32 \text{ C}$$

jadi:

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_{in} - Q_{out} \\ Q_u &= 365.9 \quad W \end{aligned}$$

9. Analisa Energi Berguna Destilasi (Qu-d)

$$Q_{u-d} = \frac{(mk \times h \text{ f}g)}{t}$$

keterangan:

$$\begin{aligned} Q_{u-d} &= \text{energi berguna destilasi (kJ/s).} \\ mk &= \text{total massa air kondensat per hari (kg).} \\ &= 285 \text{ ml} \\ &= 0.285 \text{ kg} \\ hfg &= \text{panas laten penguapan (kJ/kg).} \\ &= 2391.59 \text{ kJ/kg pada suhu air rata-rata } 46^\circ \text{ C.} \\ &\quad \text{(Dari tabel termodinamika)} \\ t &= \text{lama pengujian (s).} \\ &= 15 \text{ jam} \\ &= 54000 \text{ s} \end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned} Q_{u-d} &= (mk \times hfg)/t \\ Q_{u-d} &= 0.0126 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

10. Analisa Effisiensi Alat (η_d)

$$\eta_d = \frac{mk \times h \text{ f}g}{A_c \times IT \times t} \times 100\%$$

keterangan:

$$\begin{aligned} \eta_d &= \text{effisiensi alat destilasi.} \\ mk &= \text{total massa air kondensat per hari (kg).} \\ &= 285 \text{ ml} \\ &= 0.285 \text{ kg} \\ hfg &= \text{panas laten penguapan (kJ/kg).} \\ &= 2391.59 \text{ kJ/kg pada suhu air rata-rata } 46^\circ \text{ C.} \\ &\quad \text{(Dari tabel termodinamika)} \\ A_c &= \text{luas kaca penyerap (m}^2\text{).} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.5 \times 0.5 \text{ m}^2 \\
 &= 0.25 \text{ m}^2 \\
 t &= \text{lama pengujian (s).} \\
 &= 15 \text{ jam} \\
 &= 54000 \text{ s} \\
 IT &= \text{intensitas matahari (W/m}^2\text{).} \\
 &= 4.3 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned}
 \eta_d &= (\text{mk} \times \text{hfg}/\text{Ac} \times IT \times t) \times 100\% \\
 \eta_d &= 11.74 \text{ \%}
 \end{aligned}$$

Sedangkan berikut ini adalah untuk analisa perpindahan panas yang terjadi selama proses penggunaan alat. Dimana ada beberapa keterangan mengenai tabelnya, yaitu:

- Tw1 = suhu dinding dalam (K).
- Tw2 = suhu dinding luar (K).
- A1 = luas alat untuk sudut 30° (m²).
- ΔT = perbedaan suhu antara dinding dalam & luar (K).
- Δx = tebal kaca (m).
- k = konduktivitas termal bahan (W/m.K).
- Te = suhu lingkungan (K).
- Tr = suhu dalam alat (K).
- ΔT1 = perbedaan suhu antara ruang dengan dinding dalam (K).
- ΔT2 = perbedaan suhu dinding luar dengan lingkungan(K).
- h = koefisien konveksi (W/m².K)
- ε = emisivitas benda hitam = 1.
- σ = konstanta Stefan-Boltzmann (W/m².K⁴).

Tabel 4.10. Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 2

Waktu	k (W/mK)	A_2 (m ²)	T_{w2} (K)	T_{w1} (K)	ΔT (K)	Δx (m)	q konduksi (W)
07.00	0.75	1.070	301	302	-1	0.01	80.21
08.00	0.75	1.070	309	313	-4	0.01	320.85
09.00	0.75	1.070	314	324	-10	0.01	802.13
10.00	0.75	1.070	317	333	-16	0.01	1283.40
11.00	0.75	1.070	318	336	-18	0.01	1443.83
12.00	0.75	1.070	320	340	-20	0.01	1604.25
13.00	0.75	1.070	313	329	-16	0.01	1283.40
14.00	0.75	1.070	309	317	-8	0.01	641.70
15.00	0.75	1.070	308	314	-6	0.01	481.28
16.00	0.75	1.070	308	312	-4	0.01	320.85
17.00	0.75	1.070	307	310	-3	0.01	240.64
18.00	0.75	1.070	304	307	-3	0.01	240.64
19.00	0.75	1.070	302	305	-3	0.01	240.64
20.00	0.75	1.070	301	304	-3	0.01	240.64
21.00	0.75	1.070	301	303	-2	0.01	160.43
22.00	0.75	1.070	301	303	-2	0.01	160.43
						Total =	9545.29
						Rata-rata =	596.58

Tabel 4.11. Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 2

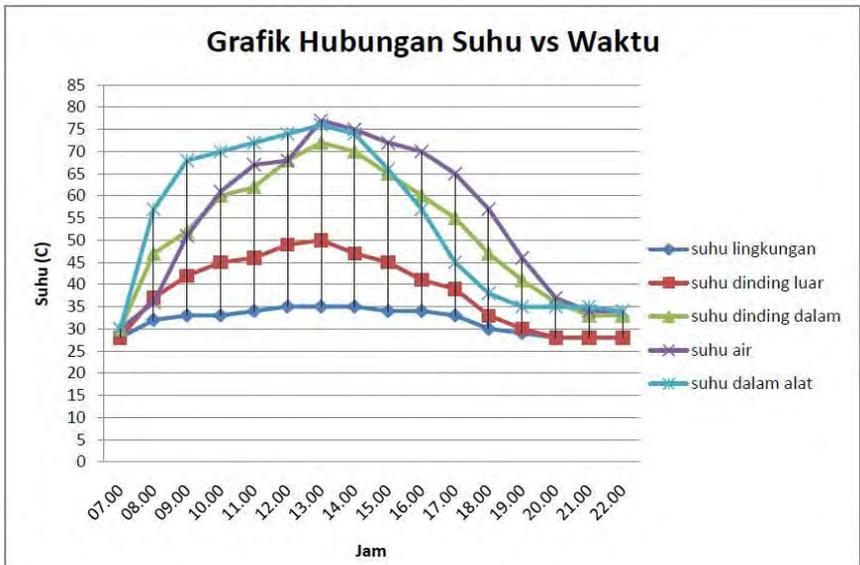
Waktu	h (W/m^2K)	A_2 (m^2)	T_{w2} (K)	T_{w1} (K)	T_e (K)	T_r (K)	ΔT_1 (K)	ΔT_2 (K)	$q_{konveksi 1}$ (W)	$q_{konveksi 2}$ (W)
07.00	5000	1.070	301	302	301	303	1	0	5347.50	0.00
08.00	5000	1.070	309	313	306	321	8	3	42780.00	16042.50
09.00	5000	1.070	314	324	306	330	6	8	32085.00	42780.00
10.00	5000	1.070	317	333	307	338	5	10	26737.50	53475.00
11.00	5000	1.070	318	336	307	340	4	11	21390.00	58822.50
12.00	5000	1.070	320	340	308	348	8	12	42780.00	64170.00
13.00	5000	1.070	313	329	307	340	11	6	58822.50	32085.00
14.00	5000	1.070	309	317	307	322	5	2	26737.50	10695.00
15.00	5000	1.070	308	314	306	318	4	2	21390.00	10695.00
16.00	5000	1.070	308	312	306	316	4	2	21390.00	10695.00
17.00	5000	1.070	307	310	305	313	3	2	16042.50	10695.00
18.00	5000	1.070	304	307	303	308	1	1	5347.50	5347.50
19.00	5000	1.070	302	305	302	306	1	0	5347.50	0.00
20.00	5000	1.070	301	304	301	304	0	0	0.00	0.00
21.00	5000	1.070	301	303	301	304	1	0	5347.50	0.00
22.00	5000	1.070	301	303	301	303	0	0	0.00	0.00
								Total =	331545.00	315502.50
								Rata-rata =	20721.56	19718.91

Tabel 4.12. Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 2

Waktu	ε	σ (W/m^2K^4)	A_2 (m^2)	T_{w2} (K)	T_e (K)	T_{w2}^4	T_e^4	ΔT	q radiasi (W)
07.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	301	301	8208541201	$8.21E+09$	0	0.00
08.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	309	306	9116621361	$8.77E+09$	$3.49E+08$	21.16
09.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	314	306	9721171216	$8.77E+09$	$9.53E+08$	57.82
10.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	317	307	1.0098E+10	$8.88E+09$	$1.22E+09$	73.69
11.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	318	307	1.0226E+10	$8.88E+09$	$1.34E+09$	81.45
12.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	320	308	1.0486E+10	$9E+09$	$1.49E+09$	90.15
13.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	313	307	9597924961	$8.88E+09$	$7.15E+08$	43.36
14.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	309	307	9116621361	$8.88E+09$	$2.34E+08$	14.17
15.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	308	306	8999178496	$8.77E+09$	$2.31E+08$	14.04
16.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	308	306	8999178496	$8.77E+09$	$2.31E+08$	14.04
17.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	307	305	8882874001	$8.65E+09$	$2.29E+08$	13.90
18.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	304	303	8540717056	$8.43E+09$	$1.12E+08$	6.78
19.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	302	302	8318169616	$8.32E+09$	0	0.00
20.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	301	301	8208541201	$8.21E+09$	0	0.00
21.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	301	301	8208541201	$8.21E+09$	0	0.00
22.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	301	301	8208541201	$8.21E+09$	0	0.00
								Total =	430.56
								Rata-rata =	26.91

4.3.4. Percobaan ke-3 dengan Sudut Kaca Penutup 30° dengan Vakum

Percobaan ketiga ini yaitu dengan cara melakukan variasi sudut kaca penutup dengan sudut kemiringan yaitu 30° tetapi dengan memvakumkan dinding ganda sebesar - 0.4 bar. Dengan menggunakan air payau sebanyak 5 L. Dari percobaan ini akan dilakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan, yaitu suhu lingkungan, suhu dinding luar, suhu dinding dalam, suhu dalam alat, suhu air, dan posisi matahari. Percobaan dilakukan pada hari Sabtu 31 Mei 2014 bertempat di Laboratorium Mesin Fluida lantai 4 selama 15 jam dari pukul 07.00-22.00. Berikut ini adalah hasil percobaan ke-3 dan data serta analisisnya.



Gambar 4.16. Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu Pada Percobaan 3

Tabel 4.13. Tabel Pengambilan Data Percobaan 3

Percobaan 3 : Sabtu, 31 Mei 2014

Tabel Pengambilan Data (sudut 30° dengan vakum)

Waktu	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Dinding luar (°C)	Suhu Dinding dalam (°C)	Suhu Air (°C)	Suhu Dalam Alat (°C)	Sudut Matahari
07.00	28	28	30	30	30	13°
08.00	32	37	47	36	57	24°
09.00	33	42	52	51	68	39°
10.00	33	45	60	61	70	43°
11.00	34	46	62	67	72	71°
12.00	35	49	68	68	74	90°
13.00	35	50	72	77	76	115°
14.00	35	47	70	75	74	150°
15.00	34	45	65	72	66	160°
16.00	34	41	60	70	57	170°
17.00	33	39	55	65	45	-
18.00	30	33	47	57	38	-
19.00	29	30	41	46	35	-
20.00	28	28	36	37	35	-
21.00	28	28	33	34	35	-
22.00	28	28	33	34	34	-
Rata:	31.81	38.50	51.94	55.00	54.13	

Analisa Perhitungan Percobaan 3

1. Kelembaban udara : 50% - 90%
 2. Tekanan udara tertinggi : 1013.1 mb
 3. Tekanan udara terendah : 1004.4 mb

(Sumber: *BMKG Juanda dan Perak, Surabaya*)

4. Rate pembentukan air : dalam satuan cc/menit

$$\begin{aligned} \text{Volume} &: 366 \text{ ml} \\ \text{Volume} &: 366 \text{ cc} \\ \text{Waktu} &: 15 \text{ jam} \\ \text{Waktu} &: 900 \text{ menit} \\ \text{Jadi:} & \text{ volume/waktu} \\ \text{Rate} &= 0.407 \text{ cc/menit} \end{aligned}$$

5. Analisa perpindahan panas

- a) *Perpindahan panas secara konduksi*

$$q_{\text{konduksi}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

keterangan:

- q_{konduksi} = laju perpindahan panas secara konduksi (W).
 k = konduktivitas termal bahan (W/mK).
 A = luas penampang (m^2).
 ΔT = perbedaan suhu diantara dua permukaan (K).
 * suhu permukaan dalam (K).
 * suhu permukaan luar (K).
 Δx = tebal permukaan (m).

- b) *Perpindahan panas secara konveksi*

$$q_{\text{konveksi}} = h A \Delta T$$

keterangan:

- q_{konveksi} = laju perpindahan panas secara konveksi (W).
 h = koefisien konveksi ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$).
 A = luas penampang (m^2).
 ΔT = perpindahan suhu (K).
 * suhu dinding (K).
 * suhu fluida (K).

c) *Perpindahan panas secara radiasi*

$$q_{\text{radiasi}} = \varepsilon \sigma A \Delta T^4$$

keterangan:

q_{radiasi} = laju perpindahan panas secara radiasi (W).

ε = emisivitas benda (bernilai 0 - 1).

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann,
 $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perpindahan suhu (K).

* suhu dinding luar (K).

* suhu lingkungan (K).

6. Analisa Kesenjangan Energi

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}}$$

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

keterangan:

Q_{radiasi} = total selama pengujian (W).

Q_{konduksi} = total selama pengujian (W).

Q_{konveksi} = total selama pengujian (W).

m = laju penguapan (kg/s).

$$= 366 \text{ ml}$$

$$= 0.366 \text{ kg (selama 15 jam)}$$

$$= 0.0000068 \text{ kg/s}$$

hfg udara = enthalpi penguapan (kJ/kg).

$$= 54.357 \text{ kJ/kg (pada suhu udara rata-rata } 54 \text{ C)}$$

sehingga:

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

$$Q_{\text{rad}} = 410540.81 \text{ W}$$

7. Analisa Koefisien Kerugian Panas Menyeluruh (U)

Kerugian ini terjadi di semua lapisan alat, baik bagian atas, bagian bawah, dan bagian samping. Dengan rumus untuk koefisien:

$$U = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

keterangan:

U = koefisien kerugian yang terjadi ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$).

$$\begin{aligned}
 h_1 &= \text{koefisien konveksi fluida 1 (W/m}^2\text{.K).} \\
 &= 25, \text{ untuk fluida gas konveksi alami.} \\
 h_2 &= \text{koefisien konveksi fluida 2 (W/m}^2\text{.K).} \\
 &= 2, \text{ untuk fluida gas konveksi alami vakum.} \\
 h_3 &= \text{koefisien konveksi fluida 3 (W/m}^2\text{.K).} \\
 &= 2500, \text{ untuk konveksi dengan perubahan fase.} \\
 \Delta x &= \text{tebal permukaan (m).} \\
 &0.005 \\
 &= \text{m.} \\
 k &= \text{konduktivitas termal bahan (W/mK).} \\
 &= 0.75 \text{ W/mK untuk bahan kaca.}
 \end{aligned}$$

jadi:

Bagian atas:

$$U_{\text{atas}} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{\text{atas}} = 21.25 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

Bagian depan:

$$U_{\text{depan}} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{\text{depan}} = 18.61 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

Bagian belakang: (ada pengaruh kevakuman dinding)

$$U_{\text{belakang1}} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

$$U_{\text{belakang1}} = 1.83 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

$$U_{\text{belakang2}} = 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{\text{belakang2}} = 1.97 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

$$U_{\text{belakang total}} = 3.80 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

Bagian bawah: (ada pengaruh kevakuman dinding)

$$U_{\text{bawah1}} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

$$U_{\text{bawah1}} = 1.83 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

$$U_{\text{bawah2}} = 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{\text{bawah2}} = 1.97 \text{ W/m}^2\text{.K}$$

$$U \text{ bawah total} = 3.80 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Bagian kanan-kiri: (ada pengaruh kevakuman dinding)

$$U_{\text{samping1}} = 1 / (1/h1 + \Delta x/k + 1/h2) \times 2$$

$$U_{\text{samping1}} = 3.66 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_{\text{samping2}} = 1 / (1/h2 + \Delta x/k + 1/h3) \times 2$$

$$U_{\text{samping2}} = 3.94 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U \text{ samping total} = 7.60 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

jadi koefisien kerugian totalnya:

$$U \text{ total} = U_{\text{atas}} + U_{\text{depan}} + U_{\text{belakang}} + U_{\text{bawah}} + U_{\text{samping}}$$

$$U \text{ total} = 55.06 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

8. Analisa Energi Berguna Kolektor (Q_u)

$$Q_u = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_u = (\alpha \cdot I_T \cdot A_c \cdot \tau) - (U_L \cdot A_c \cdot (T_p - T_a))$$

keterangan:

Q_u = energi berguna kolektor (W).

α = koefisien absorbtivitas kaca penyerap.
= 0.2

I_T = intensitas matahari (W/m^2).
= 4.3 W/m^2

A_c = luas kaca penyerap (m^2).
= 0.5 x 0.5 m^2
= 0.25 m^2

τ = koefisien transmisivitas kaca penyerap.
= 0.8

U_L = koefisien kerugian total ($\text{W/m}^2.\text{K}$).
= 55.06 $\text{W/m}^2.\text{K}$

T_a = temperatur kaca penyerap rata-rata (K).
= 55 C

T_p = temperatur lingkungan rata-rata (K).

$$\begin{aligned} &= 32 \quad \text{C} \\ \text{jadi:} & \\ Q_u &= Q_{in} - Q_{out} \\ Q_u &= 316.8 \quad \text{W} \end{aligned}$$

9. Analisa Energi Berguna Destilasi (Q_u-d)

$$Q_{u-d} = \frac{(mk \times h \text{ f}g)}{t}$$

keterangan:

$$\begin{aligned} Q_{u-d} &= \text{energi berguna destilasi (kJ/s).} \\ mk &= \text{total massa air kondensat per hari (kg).} \\ &= 366 \text{ ml} \\ &= 0.366 \text{ kg} \\ hfg &= \text{panas laten penguapan (kJ/kg).} \\ &= 2369.83 \text{ kJ/kg pada suhu air rata-rata } 55^\circ \text{ C.} \\ &\quad \text{(Dari tabel termodinamika)} \\ t &= \text{lama pengujian (s).} \\ &= 15 \text{ jam} \\ &= 54000 \text{ s} \end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned} Q_{u-d} &= (mk \times hfg)/t \\ Q_{u-d} &= 0.0161 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

10. Analisa Effisiensi Alat (η_d)

$$\eta_d = \frac{mk \times h \text{ f}g}{Ac \times IT \times t} \times 100\%$$

keterangan:

$$\begin{aligned} \eta_d &= \text{effisiensi alat destilasi.} \\ mk &= \text{total massa air kondensat per hari (kg).} \\ &= 366 \text{ ml} \\ &= 0.366 \text{ kg} \\ hfg &= \text{panas laten penguapan (kJ/kg).} \end{aligned}$$

$$= 2369.83 \text{ kJ/kg pada suhu air rata-rata } 55^\circ \text{ C.}$$

(Dari tabel termodinamika)

$$A_c = \text{luas kaca penyerap (m}^2\text{).}$$

$$= 0.5 \times 0.5 \text{ m}^2$$

$$= 0.25 \text{ m}^2$$

$$t = \text{lama pengujian (s).}$$

$$= 15 \text{ jam}$$

$$= 54000 \text{ s}$$

$$IT = \text{intensitas matahari (W/m}^2\text{).}$$

$$= 4.3 \text{ W/m}^2$$

jadi:

$$\eta_d = (\text{mk} \times \text{hfg}/A_c \times IT \times t) \times 100\%$$

$$\eta_d = 14.94 \%$$

Sedangkan berikut ini adalah untuk analisa perpindahan panas yang terjadi selama proses penggunaan alat. Dimana ada beberapa keterangan mengenai tabelnya, yaitu:

T_{w1} = suhu dinding dalam (K).

T_{w2} = suhu dinding luar (K).

A_1 = luas alat untuk sudut 30° (m^2).

ΔT = perbedaan suhu antara dinding dalam & luar (K).

Δx = tebal kaca (m).

k = konduktivitas termal bahan (W/m.K).

T_e = suhu lingkungan (K).

T_r = suhu dalam alat (K).

ΔT_1 = perbedaan suhu antara ruang dengan dinding dalam (K).

ΔT_2 = perbedaan suhu dinding luar dengan lingkungan (K).

h = koefisien konveksi ($\text{W/m}^2.\text{K}$)

ε = emisivitas benda hitam = 1.

σ = konstanta Stefan-Boltzmann ($\text{W/m}^2.\text{K}^4$).

Tabel 4.14. Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 3

Waktu	k (W/mK)	A1 (m ²)	T w2 (K)	T w1 (K)	ΔT (K)	Δx (m)	q konduksi (W)
07.00	0.75	1.092	301	303	-2	0.01	163.73
08.00	0.75	1.092	310	320	-10	0.01	818.63
09.00	0.75	1.092	315	325	-10	0.01	818.63
10.00	0.75	1.092	318	333	-15	0.01	1227.94
11.00	0.75	1.092	319	335	-16	0.01	1309.80
12.00	0.75	1.092	322	341	-19	0.01	1555.39
13.00	0.75	1.092	323	345	-22	0.01	1800.98
14.00	0.75	1.092	320	343	-23	0.01	1882.84
15.00	0.75	1.092	318	338	-20	0.01	1637.25
16.00	0.75	1.092	314	333	-19	0.01	1555.39
17.00	0.75	1.092	312	328	-16	0.01	1309.80
18.00	0.75	1.092	306	320	-14	0.01	1146.08
19.00	0.75	1.092	303	314	-11	0.01	900.49
20.00	0.75	1.092	301	309	-8	0.01	654.90
21.00	0.75	1.092	301	306	-5	0.01	409.31
22.00	0.75	1.092	301	306	-5	0.01	409.31
						Total =	17600.44
						Rata-rata =	1100.03

Tabel 4.15. Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 3

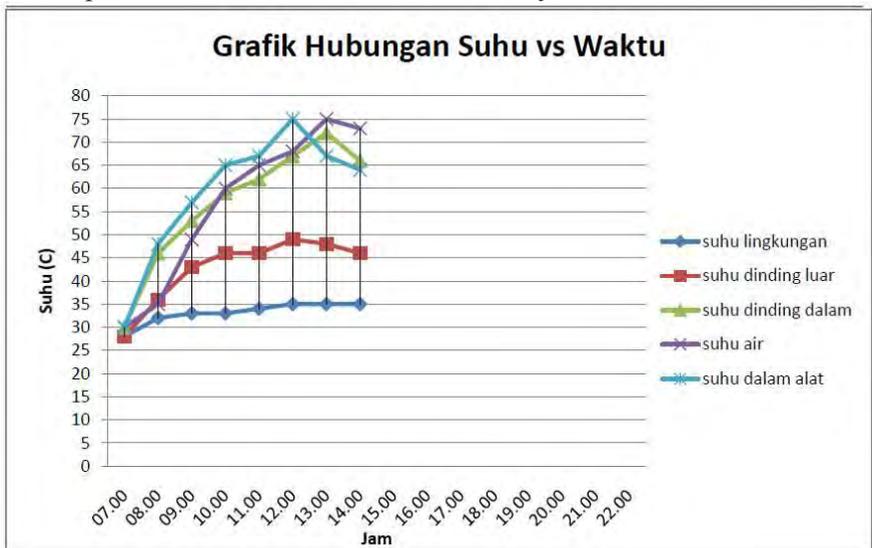
Waktu	h (W/m^2K)	A_1 (m^2)	T_{w2} (K)	T_{w1} (K)	T_e (K)	T_r (K)	ΔT_1 (K)	ΔT_2 (K)	$q_{konveksi 1}$ (W)	$q_{konveksi 2}$ (W)
07.00	5000	1.092	301	303	301	303	0	0	0.00	0.00
08.00	5000	1.092	310	320	305	330	10	5	54575.00	27287.50
09.00	5000	1.092	315	325	306	341	16	9	87320.00	49117.50
10.00	5000	1.092	318	333	306	343	10	12	54575.00	65490.00
11.00	5000	1.092	319	335	307	345	10	12	54575.00	65490.00
12.00	5000	1.092	322	341	308	347	6	14	32745.00	76405.00
13.00	5000	1.092	323	345	308	349	4	15	21830.00	81862.50
14.00	5000	1.092	320	343	308	347	4	12	21830.00	65490.00
15.00	5000	1.092	318	338	307	339	1	11	5457.50	60032.50
16.00	5000	1.092	314	333	307	330	-3	7	-16372.50	38202.50
17.00	5000	1.092	312	328	306	318	-10	6	-54575.00	32745.00
18.00	5000	1.092	306	320	303	311	-9	3	-49117.50	16372.50
19.00	5000	1.092	303	314	302	308	-6	1	-32745.00	5457.50
20.00	5000	1.092	301	309	301	308	-1	0	-5457.50	0.00
21.00	5000	1.092	301	306	301	308	2	0	10915.00	0.00
22.00	5000	1.092	301	306	301	307	1	0	5457.50	0.00
								Total =	191012.50	583952.50
								Rata-rata =	11938.28	36497.03

Tabel 4.16. Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 3

Waktu	ε	σ (W/m^2K^4)	A_1 (m^2)	T_{w2} (K)	T_e (K)	T_{w2}^4	T_e^4	ΔT	$Q_{radiasi}$ (W)
07.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
08.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	310	305	9235210000	8.65E+09	5.82E+08	35.99
09.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	315	306	9845600625	8.77E+09	1.08E+09	66.71
10.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	318	306	1.0226E+10	8.77E+09	1.46E+09	90.26
11.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	319	307	1.0355E+10	8.88E+09	1.47E+09	91.13
12.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	322	308	1.075E+10	9E+09	1.75E+09	108.38
13.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	323	308	1.0885E+10	9E+09	1.89E+09	116.68
14.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	320	308	1.0486E+10	9E+09	1.49E+09	92.00
15.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	318	307	1.0226E+10	8.88E+09	1.34E+09	83.13
16.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	314	307	9721171216	8.88E+09	8.38E+08	51.88
17.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	312	306	9475854336	8.77E+09	7.08E+08	43.83
18.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	306	303	8767700496	8.43E+09	3.39E+08	20.97
19.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	303	302	8428892481	8.32E+09	1.11E+08	6.85
20.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
21.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
22.00	1	5.67×10^{-8}	1.092	301	301	8208541201	8.21E+09	0	0.00
								Total =	807.80
								Rata-rata =	50.49

4.3.5. Percobaan ke-4 dengan Sudut Kaca Penutup 20° dengan Vakum

Percobaan keempat ini yaitu dengan cara melakukan variasi sudut kaca penutup dengan sudut kemiringan yaitu 20° tetapi dengan memvakumkan dinding ganda sebesar -0.4 bar. Dengan menggunakan air payau sebanyak 5 L. Dari percobaan ini akan dilakukan pengambilan data-data yang dibutuhkan, yaitu suhu lingkungan, suhu dinding luar, suhu dinding dalam, suhu dalam alat, suhu air, dan posisi matahari. Percobaan dilakukan pada hari Minggu 1 Juni 2014 bertempat di Laboratorium Mesin Fluida lantai 4 selama 15 jam dari pukul 07.00-22.00. Akan tetapi pada pukul 2 siang saat akan dilakukan pemvakuman kembali terjadi keretakan pada alat dibagian bawah sehingga percobaan tidak bisa dilanjutkan. Berikut ini adalah hasil percobaan ke-4 dan data serta analisisnya.



Gambar 4.17. Grafik Hubungan Waktu dengan Suhu Pada Percobaan 4

Tabel 4.17. Tabel Pengambilan Data Percobaan 4

Percobaan 4 : Minggu, 1 Juni 2014
 Tabel Pengambilan Data (sudut 20° dengan vakum)

Waktu	Suhu Lingkungan (°C)	Suhu Dinding luar (°C)	Suhu Dinding dalam (°C)	Suhu Air (°C)	Suhu Dalam Alat (°C)	Sudut Matahari
07.00	28	28	30	30	30	13°
08.00	32	36	46	35	48	24°
09.00	33	43	53	49	57	39°
10.00	33	46	59	60	65	43°
11.00	34	46	62	65	67	71°
12.00	35	49	67	68	75	90°
13.00	35	48	72	75	67	115°
14.00	35	46	66	73	64	150°
15.00						160°
16.00						170°
17.00						-
18.00						-
19.00						-
20.00						-
21.00						-
22.00						-
Rata:	33.13	42.75	56.88	56.88	59.13	

Analisa Perhitungan Percobaan 4

1. Kelembaban udara : 52% - 91%
2. Tekanan udara tertinggi : 1013.1 mb
3. Tekanan udara terendah : 1004.4 mb

(Sumber: *BMKG Juanda dan Perak, Surabaya*)

4. Rate pembentukan

air : dalam satuan cc/menit

Volume :	213	ml
Volume :	213	cc
Waktu :	7	jam
Waktu :	420	menit
Jadi:	volume/waktu	
Rate =	0.507	cc/menit

5. Analisa perpindahan panas

a) *Perpindahan panas secara konduksi*

$$q_{\text{konduksi}} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

keterangan:

- q_{konduksi} = laju perpindahan panas secara konduksi (W).
- k = konduktivitas termal bahan (W/mK).
- A = luas penampang (m^2).
- ΔT = perbedaan suhu diantara dua permukaan (K).
 - * suhu permukaan dalam (K).
 - * suhu permukaan luar (K).
- Δx = tebal permukaan (m).

b) *Perpindahan panas secara konveksi*

$$q_{\text{konveksi}} = h A \Delta T$$

keterangan:

- q_{konveksi} = laju perpindahan panas secara konveksi (W).
- h = koefisien konveksi ($W/m^2.K$).
- A = luas penampang (m^2).
- ΔT = perpindahan suhu (K).

* suhu dinding (K).

* suhu fluida (K).

c) *Perpindahan panas secara radiasi*

$$q_{\text{radiasi}} = \epsilon \sigma A \Delta T^4$$

keterangan:

q_{radiasi} = laju perpindahan panas secara radiasi (W).

ϵ = emisivitas benda (bernilai 0 - 1).

σ = Konstanta Stefan-Boltzmann,
 $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$.

A = luas penampang (m^2).

ΔT = perpindahan suhu (K).

* suhu dinding luar (K).

* suhu lingkungan (K).

6. Analisa Keseimbangan Energi

$$Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}}$$

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

keterangan:

Q_{radiasi} = total selama pengujian (W).

Q_{konduksi} = total selama pengujian (W).

Q_{konveksi} = total selama pengujian (W).

m = laju penguapan (kg/s).

$$= 213 \text{ ml}$$

$$= 0.213 \text{ kg (selama 7 jam)}$$

$$= 0.00000394 \text{ kg/s}$$

hfg udara = enthalpi penguapan (kJ/kg).

$$= 59.397 \text{ kJ/kg (pada suhu udara rata-rata } 59 \text{ C)}$$

sehingga:

$$Q_{\text{rad}} = Q_{\text{konduksi}} + Q_{\text{konveksi}} + (m \times \text{hfg})$$

$$Q_{\text{rad}} = 324566.75 \quad \text{W}$$

7. Analisa Koefisien Kerugian Panas Menyeluruh (U)

Kerugian ini terjadi di semua lapisan alat, baik bagian atas,

bagian bawah, dan bagian samping. Dengan rumus untuk koefisien:

$$U = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

keterangan:

U = koefisien kerugian yang terjadi ($W/m^2.K$).

h_1 = koefisien konveksi fluida 1 ($W/m^2.K$).

= 25, untuk fluida gas konveksi alami.

h_2 = koefisien konveksi fluida 2 ($W/m^2.K$).

= 2, untuk fluida gas konveksi alami vakum.

h_3 = koefisien konveksi fluida 3 ($W/m^2.K$).

= 2500, untuk konveksi dengan perubahan fase.

Δx = tebal permukaan (m).

= 0.005 m.

k = konduktivitas termal bahan (W/mK).

= 0.75 W/mK untuk bahan kaca.

jadi:

Bagian atas:

$$U_{atas} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{atas} = 21.25 \quad W/m^2.K$$

Bagian depan:

$$U_{depan} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{depan} = 18.61 \quad W/m^2.K$$

Bagian

belakang: (ada pengaruh kevakuman dinding)

$$U_{belakang1} = 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2)$$

$$U_{belakang1} = 1.83 \quad W/m^2.K$$

$$U_{belakang2} = 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3)$$

$$U_{belakang2} = 1.97 \quad W/m^2.K$$

U belakang total

$$= 3.80 \quad W/m^2.K$$

Bagian bawah: (ada pengaruh kevakuman dinding)

$$\begin{aligned}
 U_{\text{bawah1}} &= 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2) \\
 U_{\text{bawah1}} &= 1.83 \text{ W/m}^2.\text{K} \\
 U_{\text{bawah2}} &= 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3) \\
 U_{\text{bawah2}} &= 1.97 \text{ W/m}^2.\text{K} \\
 U_{\text{bawah total}} &= 3.80 \text{ W/m}^2.\text{K}
 \end{aligned}$$

Bagian kanan-kiri:

(ada pengaruh kevakuman dinding)

$$\begin{aligned}
 U_{\text{samping1}} &= 1 / (1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2) \times 2 \\
 U_{\text{samping1}} &= 3.66 \text{ W/m}^2.\text{K} \\
 U_{\text{samping2}} &= 1 / (1/h_2 + \Delta x/k + 1/h_3) \times 2 \\
 U_{\text{samping2}} &= 3.94 \text{ W/m}^2.\text{K} \\
 U_{\text{samping total}} &= 7.60 \text{ W/m}^2.\text{K}
 \end{aligned}$$

jadi koefisien kerugian

totalnya:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{total}} &= U_{\text{atas}} + U_{\text{depan}} + U_{\text{belakang}} + U_{\text{bawah}} + U_{\text{samping}} \\
 U_{\text{total}} &= 55.06 \text{ W/m}^2.\text{K}
 \end{aligned}$$

8. Analisa Energi Berguna Kolektor (Q_u)

$$Q_u = Q_{in} - Q_{out}$$

$$Q_u = (\alpha \cdot I_T \cdot A_c \cdot \tau) - (U_L \cdot A_c \cdot (T_p - T_a))$$

keterangan:

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \text{energi berguna kolektor (W).} \\
 \alpha &= \text{koefisien absorbtivitas kaca penyerap.} \\
 &= 0.2 \\
 I_T &= \text{intensitas matahari (W/m}^2\text{).} \\
 &= 4.3 \text{ W/m}^2 \\
 A_c &= \text{luas kaca penyerap (m}^2\text{).} \\
 &= 0.5 \times 0.5 \text{ m}^2 \\
 &= 0.25 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau &= \text{koefisien transmisivitas kaca penyerap.} \\ &= 0.8 \\ U_L &= \text{koefisien kerugian total (W/m}^2\text{.K).} \\ &= 55.06 \quad \text{W/m}^2\text{.K} \\ T_a &= \text{temperatur kaca penyerap rata-rata (K).} \\ &= 57 \quad \text{C} \\ T_p &= \text{temperatur lingkungan rata-rata (K).} \\ &= 33 \quad \text{C}\end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned}Q_u &= Q_{in} - Q_{out} \\ Q_u &= 330.5 \quad \text{W}\end{aligned}$$

9. Analisa Energi Berguna Destilasi (Qu-d)

$$Q_{u-d} = \frac{(mk \times h \text{ f}g)}{t}$$

keterangan:

$$\begin{aligned}Q_{u-d} &= \text{energi berguna destilasi (kJ/s).} \\ mk &= \text{total massa air kondensat per hari (kg).} \\ &= 213 \quad \text{ml} \\ &= 0.213 \quad \text{kg} \\ hfg &= \text{panas laten penguapan (kJ/kg).} \\ &= 2364.96 \quad \text{kJ/kg pada suhu air rata-rata } 57^\circ \text{ C.} \\ &\quad \text{(Dari tabel termodinamika)} \\ t &= \text{lama pengujian (s).} \\ &= 7 \quad \text{jam} \\ &= 25200 \quad \text{s}\end{aligned}$$

jadi:

$$\begin{aligned}Q_{u-d} &= (mk \times hfg)/t \\ Q_{u-d} &= 0.0200 \quad \text{kJ/s}\end{aligned}$$

10. Analisa Effisiensi Alat (η_d)

$$\eta_d = \frac{mk \times h \text{ f}g}{Ac \times IT \times t} \times 100\%$$

keterangan:

- η_d = efisiensi alat destilasi.
 mk = total massa air kondensat per hari (kg).
 = 213 ml
 = 0.213 kg
 hfg = panas laten penguapan (kJ/kg).
 = 2364.96 kJ/kg pada suhu air rata-rata 57° C.
(Dari tabel termodinamika)
 Ac = luas kaca penyerap (m²).
 = 0.5 x 0.5 m²
 = 0.25 m²
 t = lama pengujian (s).
 = 7 jam
 = 25200 s
 IT = intensitas matahari (W/m²).
 = 4.3 W/m²

jadi:

$$\eta_d = (mk \times hfg / Ac \times IT \times t) \times 100\%$$

$$\eta_d = 18.59 \%$$

Sedangkan berikut ini adalah untuk analisa perpindahan panas yang terjadi selama proses penggunaan alat. Dimana ada beberapa keterangan mengenai tabelnya, yaitu:

- T_{w1} = suhu dinding dalam (K).
 T_{w2} = suhu dinding luar (K).
 A_1 = luas alat untuk sudut 30° (m²).
 ΔT = perbedaan suhu antara dinding dalam & luar (K).
 Δx = tebal kaca (m).
 k = konduktivitas termal bahan (W/m.K).
 T_e = suhu lingkungan (K).
 T_r = suhu dalam alat (K).
 ΔT_1 = perbedaan suhu antara ruang dengan dinding dalam (K).
 ΔT_2 = perbedaan suhu dinding luar dengan lingkungan(K).
 h = koefisien konveksi (W/m².K)
 ϵ = emisivitas benda hitam = 1.
 σ = konstanta Stefan-Boltzmann (W/m².K⁴).

Tabel 4.18. Tabel Perhitungan Konduksi pada Percobaan 4

Waktu	k (W/mK)	A_2 (m ²)	T w2 (K)	T w1 (K)	ΔT (K)	Δx (m)	q konduksi (W)
07.00	0.75	1.070	301	303	-2	0.01	160.43
08.00	0.75	1.070	309	319	-10	0.01	802.13
09.00	0.75	1.070	316	326	-10	0.01	802.13
10.00	0.75	1.070	319	332	-13	0.01	1042.76
11.00	0.75	1.070	319	335	-16	0.01	1283.40
12.00	0.75	1.070	322	340	-18	0.01	1443.83
13.00	0.75	1.070	321	345	-24	0.01	1925.10
14.00	0.75	1.070	319	339	-20	0.01	1604.25
15.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
16.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
17.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
18.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
19.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
20.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
21.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
22.00	0.75	1.070			0	0.01	0.00
						Total =	9064.01
						Rata-rata =	1133.00

Tabel 4.19. Tabel Perhitungan Konveksi pada Percobaan 4

Waktu	h (W/m^2K)	A_2 (m^2)	T_{w2} (K)	T_{w1} (K)	T_e (K)	T_r (K)	ΔT_1 (K)	ΔT_2 (K)	$q_{konveksi 1}$ (W)	$q_{konveksi 2}$ (W)
07.00	5000	1.070	301	303	301	303	0	0	0.00	0.00
08.00	5000	1.070	309	319	305	321	2	4	10695.00	21390.00
09.00	5000	1.070	316	326	306	330	4	10	21390.00	53475.00
10.00	5000	1.070	319	332	306	338	6	13	32085.00	69517.50
11.00	5000	1.070	319	335	307	340	5	12	26737.50	64170.00
12.00	5000	1.070	322	340	308	348	8	14	42780.00	74865.00
13.00	5000	1.070	321	345	308	340	-5	13	-26737.50	69517.50
14.00	5000	1.070	319	339	308	337	-2	11	-10695.00	58822.50
15.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
16.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
17.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
18.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
19.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
20.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
21.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
22.00	5000	1.070					0	0	0.00	0.00
								Total =	96255.00	411757.50
								Rata-rata =	12031.88	51469.69

Tabel 4.20. Tabel Perhitungan Radiasi pada Percobaan 4

Waktu	ϵ	σ (W/m^2K^4)	A_2 (m^2)	T_{w2} (K)	T_e (K)	T_{w2}^4	T_e^4	ΔT	q radiasi (W)
07.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	301	301	8208541201	$8.21E+09$	0	0.00
08.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	309	305	9116621361	$8.65E+09$	$4.63E+08$	28.07
09.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	316	306	9971220736	$8.77E+09$	$1.2E+09$	72.98
10.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	319	306	1.0355E+10	$8.77E+09$	$1.59E+09$	96.27
11.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	319	307	1.0355E+10	$8.88E+09$	$1.47E+09$	89.29
12.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	322	308	1.075E+10	$9E+09$	$1.75E+09$	106.19
13.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	321	308	1.0617E+10	$9E+09$	$1.62E+09$	98.13
14.00	1	5.67×10^{-8}	1.070	319	308	1.0355E+10	$9E+09$	$1.36E+09$	82.24
15.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
16.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
17.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
18.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
19.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
20.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
21.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
22.00	1	5.67×10^{-8}	1.070			0	0	0	0.00
								Total =	573.18
								Rata-rata =	71.65

4.4. Analisa Tekanan Didalam Alat

Tekanan di dalam alat akan meningkat seiring dengan naiknya suhu air dan suhu di dalam alat. Hal ini dikarenakan sistem ini merupakan sistem tertutup dan adanya pergerakan molekul udara didalam alat akibat meningkatnya suhu. Karena suhu meningkat maka viskositas udara juga akan berubah. Rumus yang digunakan adalah:

$$P = \rho \times R \times T$$

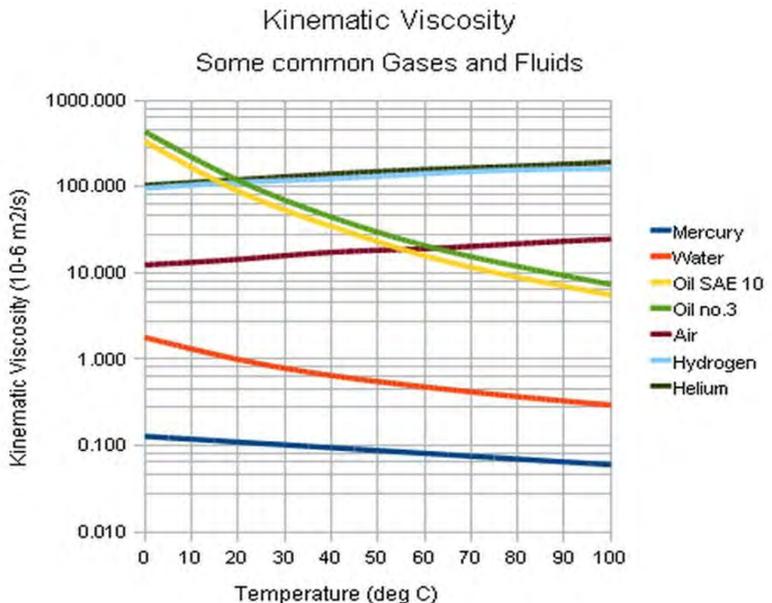
Keterangan:

ρ = massa jenis udara pada suhu tertentu (mol/m^3).

R = konstanta molar gas, $8.32 \text{ J}/\text{mol} \cdot \text{K}$.

T = suhu udara di dalam alat (K).

Nilai viskositas dan massa jenis tersebut dianggap pada fluida nitrogen (udara bebas). Dengan cara interpolasi maka akan didapatkan nilai massa jenis udara pada suhu tertentu.



Gambar 4.18. Grafik Hubungan Viskositas Kinematis dengan Suhu

Tabel 4.21. Tabel Sifat Udara Pada Berbagai Suhu

Suhu t ($^{\circ}C$)	Kerapatan ρ (kg/m^3)	Panas jenis c_p (kJ/kg K)	Konduktivitas termal k (W/m K)	Kekentalan kinematik ν (m^2/s) $\times 10^{-6}$	Koefisien pemuaian β ($1/K$) $\times 10^{-3}$	Bilangan Prandtl's - Pr
-150	2.793	1.026	0.0116	3.08	8.21	0.76
-100	1.980	1.009	0.0160	5.95	5.82	0.74
-50	1.534	1.005	0.0204	9.55	4.51	0.725
0	1.293	1.005	0.0243	13.30	3.67	0.715
20	1.205	1.005	0.0257	15.11	3.43	0.713
40	1.127	1.005	0.0271	16.97	3.20	0.711
60	1.067	1.009	0.0285	18.90	3.00	0.709
80	1.000	1.009	0.0299	20.94	2.83	0.708
100	0.946	1.009	0.0314	23.06	2.68	0.703
120	0.898	1.013	0.0328	25.23	2.55	0.70
140	0.854	1.013	0.0343	27.55	2.43	0.695
160	0.815	1.017	0.0358	29.85	2.32	0.69
180	0.779	1.022	0.0372	32.29	2.21	0.69
200	0.746	1.026	0.0386	34.63	2.11	0.685
250	0.675	1.034	0.0421	41.17	1.91	0.68
300	0.616	1.047	0.0454	47.85	1.75	0.68
350	0.566	1.055	0.0485	55.05	1.61	0.68
400	0.524	1.068	0.0515	62.53	1.49	0.68

Berikut ini adalah hasil dari interpolasi untuk mencari nilai massa jenis udara pada berbagai suhu yang interpolasikan dengan suhu udara didalam alat berdasarkan table sifat udara diatas.

4.4.1 Analisa Tekanan Didalam Alat Pada Percobaan 1

Tabel 4.22. Tabel Nilai Viskositas Udara Pada Percobaan 1

Waktu	T r($^{\circ}C$)	$\rho(kg/m^3)$
07.00	30	1.166
08.00	52	1.091
09.00	63	1.057
10.00	69	1.037

11.00	72	1.027
12.00	73	1.023
13.00	74	1.020
14.00	73	1.023
15.00	60	1.067
16.00	51	1.094
17.00	43	1.118
18.00	37	1.139
19.00	35	1.147
20.00	33	1.154
21.00	32	1.158
22.00	32	1.158

Setelah nilai dari massa jenis udara diketahui maka langkah selanjutnya adalah memasukkannya kedalam rumusan yang telah diketahui diatas. Dengan begitu maka tekanan didalam alat akan diketahui. Berikut ini adalah hasilnya.

Tabel 4.23. Tabel Nilai Tekanan Didalam Alat

Waktu	T_r (°C)	T_r (K)	v (m ² /s)	ρ (kg/m ³)	ρ (mol/m ³)	μ (Ns/m ²)	R (J/molK)	P (N/m ²)	P (atm)
07.00	30	303	0.0250	1.166	41.626	0.02915	8.32	104937.99	1.0357
08.00	52	325	0.0470	1.091	38.949	0.05128	8.32	105317.28	1.0394
09.00	63	336	0.0490	1.057	37.735	0.05179	8.32	105488.67	1.0411
10.00	69	342	0.0496	1.037	37.021	0.05144	8.32	105340.75	1.0396
11.00	72	345	0.0497	1.027	36.664	0.05104	8.32	105240.06	1.0386
12.00	73	346	0.0498	1.023	36.521	0.05095	8.32	105134.02	1.0376
13.00	74	347	0.0499	1.020	36.414	0.05090	8.32	105128.67	1.0375
14.00	73	346	0.0498	1.023	36.521	0.05095	8.32	105134.02	1.0376
15.00	60	333	0.0480	1.067	38.092	0.05122	8.32	105535.89	1.0416
16.00	51	324	0.0465	1.094	39.056	0.05087	8.32	105281.94	1.0391
17.00	43	316	0.0350	1.118	39.913	0.03913	8.32	104935.01	1.0356
18.00	37	310	0.0300	1.139	40.662	0.03417	8.32	104876.20	1.0350
19.00	35	308	0.0290	1.147	40.948	0.03326	8.32	104931.45	1.0356
20.00	33	306	0.0270	1.154	41.198	0.03116	8.32	104886.30	1.0351
21.00	32	305	0.0260	1.158	41.341	0.03011	8.32	104905.91	1.0353
22.00	32	305	0.0260	1.158	41.341	0.03011	8.32	104905.91	1.0353

4.4.2 Analisa Tekanan Didalam Alat Pada Percobaan 2

Tabel 4.24. Tabel Nilai Viskositas Udara Pada Percobaan 2

Waktu	T _r (°C)	ρ (kg/m ³)
07.00	30	1.166
08.00	48	1.103
09.00	57	1.076
10.00	65	1.050
11.00	67	1.044
12.00	75	1.017
13.00	67	1.044
14.00	49	1.100
15.00	45	1.112
16.00	43	1.118
17.00	40	1.127
18.00	35	1.147
19.00	33	1.154
20.00	31	1.162
21.00	31	1.162
22.00	30	1.166

Setelah nilai dari massa jenis udara diketahui maka langkah selanjutnya adalah memasukkannya kedalam rumusan yang telah diketahui diatas. Dengan begitu maka tekanan didalam alat akan diketahui. Berikut ini adalah hasilnya.

Tabel 4.25. Tabel Nilai Tekanan Didalam Alat

Waktu	T _r (°C)	T _r (K)	v (m ² /s)	ρ (kg/m ³)	ρ (mol/m ³)	μ (Ns/m ²)	R (J/mol.K)	P (N/m ²)	P (atm)
07.00	30	303	0.0250	1.166	41.626	0.02915	8.32	104937.99	1.0357
08.00	48	321	0.0450	1.103	39.377	0.04964	8.32	105165.21	1.0379
09.00	57	330	0.0465	1.076	38.413	0.05003	8.32	105467.28	1.0409
10.00	65	338	0.0492	1.050	37.485	0.05166	8.32	105413.82	1.0404
11.00	67	340	0.0494	1.044	37.271	0.05157	8.32	105431.64	1.0405
12.00	75	348	0.0500	1.017	36.307	0.05085	8.32	105121.55	1.0375
13.00	67	340	0.0494	1.044	37.271	0.05157	8.32	105431.64	1.0405
14.00	49	322	0.0460	1.100	39.270	0.05060	8.32	105205.90	1.0383
15.00	45	318	0.0370	1.112	39.698	0.04114	8.32	105032.44	1.0366
16.00	43	316	0.0350	1.118	39.913	0.03913	8.32	104935.01	1.0356
17.00	40	313	0.0330	1.127	40.234	0.03719	8.32	104775.51	1.0341
18.00	35	308	0.0290	1.147	40.948	0.03326	8.32	104931.45	1.0356
19.00	33	306	0.0270	1.154	41.198	0.03116	8.32	104886.30	1.0351
20.00	31	304	0.0255	1.162	41.483	0.02963	8.32	104923.13	1.0355
21.00	31	304	0.0255	1.162	41.483	0.02963	8.32	104923.13	1.0355
22.00	30	303	0.0250	1.166	41.626	0.02915	8.32	104937.99	1.0357

4.4.3 Analisa Tekanan Didalam Alat Pada Percobaan 3

Tabel 4.26. Tabel Nilai Viskositas Udara Pada Percobaan 3

Waktu	T _r (°C)	ρ(kg/m ³)
07.00	30	1.166
08.00	57	1.076
09.00	68	1.040
10.00	70	1.034
11.00	72	1.027
12.00	74	1.020
13.00	76	1.013
14.00	74	1.020
15.00	66	1.047
16.00	57	1.076
17.00	45	1.112
18.00	38	1.135
19.00	35	1.147

20.00	35	1.147
21.00	35	1.147
22.00	34	1.150

Setelah nilai dari massa jenis udara diketahui maka langkah selanjutnya adalah memasukkannya kedalam rumusan yang telah diketahui diatas. Dengan begitu maka tekanan didalam alat akan diketahui. Berikut ini adalah hasilnya.

Tabel 4.27. Tabel Nilai Tekanan Didalam Alat

Waktu	T _r (°C)	T _r (K)	v (m ² /s)	ρ (kg/m ³)	ρ (mol/m ³)	μ (Ns/m ²)	R (J/molK)	P (N/m ²)	P (atm)
07.00	30	303	0.0250	1.166	41.626	0.02915	8.32	104937.99	1.0357
08.00	57	330	0.0465	1.076	38.413	0.05003	8.32	105467.28	1.0409
09.00	68	341	0.0495	1.040	37.128	0.05148	8.32	105336.59	1.0396
10.00	70	343	0.04965	1.034	36.914	0.05134	8.32	105343.13	1.0397
11.00	72	345	0.0497	1.027	36.664	0.05104	8.32	105240.06	1.0386
12.00	74	347	0.0499	1.020	36.414	0.05090	8.32	105128.67	1.0375
13.00	76	349	0.0510	1.013	36.164	0.05166	8.32	105008.97	1.0364
14.00	74	347	0.0499	1.020	36.414	0.05090	8.32	105128.67	1.0375
15.00	66	339	0.0493	1.047	37.378	0.05162	8.32	105423.62	1.0405
16.00	57	330	0.0465	1.076	38.413	0.05003	8.32	105467.28	1.0409
17.00	45	318	0.0370	1.112	39.698	0.04114	8.32	105032.44	1.0366
18.00	38	311	0.0310	1.135	40.520	0.03519	8.32	104845.02	1.0347
19.00	35	308	0.0290	1.147	40.948	0.03326	8.32	104931.45	1.0356
20.00	35	308	0.0290	1.147	40.948	0.03326	8.32	104931.45	1.0356
21.00	35	308	0.0290	1.147	40.948	0.03326	8.32	104931.45	1.0356
22.00	34	307	0.0285	1.150	41.055	0.03278	8.32	104864.32	1.0349

4.4.4 Analisa Tekanan Didalam Alat Pada Percobaan 4

Tabel 4.28 Tabel Nilai Viskositas Udara Pada Percobaan 4

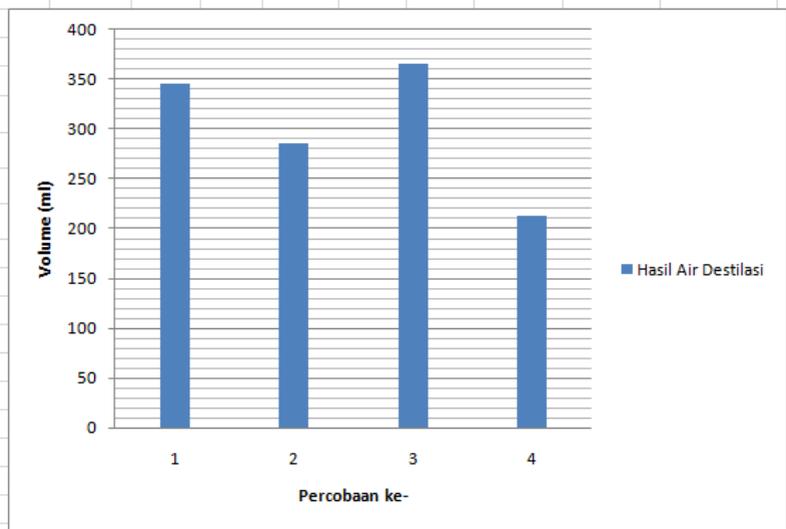
Waktu	T _r (°C)	ρ(kg/m ³)
07.00	30	1.166
08.00	48	1.103
09.00	57	1.076
10.00	65	1.050
11.00	67	1.044

4.5. Analisa Grafik Perbandingan Setiap Percobaan

Setelah semua analisa didapatkan berdasarkan data-data yang diambil dari percobaan, maka pada bagian ini akan dibuat suatu grafik perbandingan setiap percobaan. Dari perbandingan tersebut maka bias dijadikan sebuah acuan dalam menarik kesimpulan. Berikut ini adalah grafik-grafik yang dibuat.

4.5.1 Grafik Perbandingan Hasil Air Destilasi

Berikut ini akan disajikan grafik perbandingan hasil air destilasi pada setiap percobaan yang dilakukan.

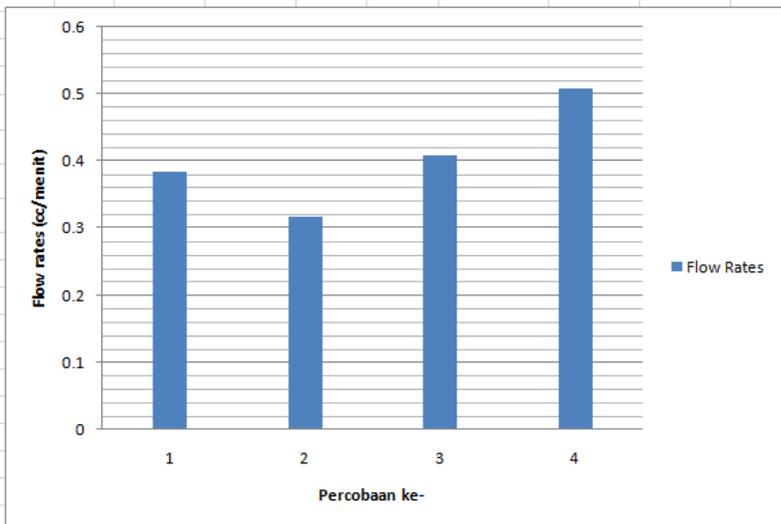


Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Hasil Air Destilasi

Dari grafik diatas maka dapat diketahui bahwa pada percobaan yang ketiga yaitu sudut 30° dengan vakum mampu menghasilkan air destilasi terbesar yaitu 366 ml selama 15 jam operasi. Dari grafik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa sudut dapat mempengaruhi air yang dihasilkan.

4.5.2 Grafik Perbandingan *Flow Rates*

Berikut ini akan disajikan grafik perbandingan *flow rates* pada setiap percobaan yang dilakukan.

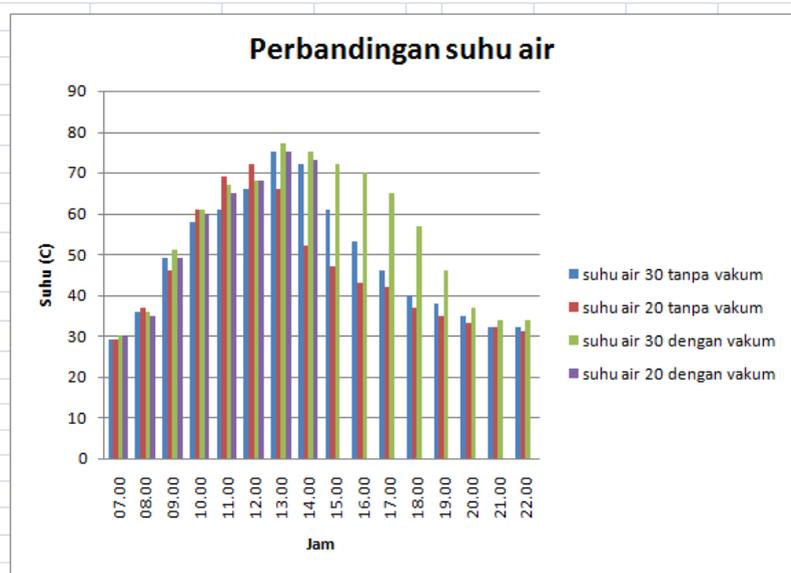


Gambar 4.20. Grafik Perbandingan Flow Rates

Dari grafik diatas maka dapat diketahui bahwa pada percobaan yang keempat yaitu sudut 20° dengan vakum mampu menghasilkan *flow rates* terbesar yaitu 0.507 cc/menit selama 7 jam operasi. Sebenarnya apabila tidak terjadi keretakan pada alat sewaktu percobaan, *kemungkinan flow rates* akan berubah karena waktunya bukan 7 jam melainkan 15 jam. Dari grafik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa lama waktu percobaan dapat mempengaruhi air yang dihasilkan karena *flow rates*-nya berubah.

4.5.3 Grafik Perbandingan Suhu Air

Berikut ini akan disajikan grafik perbandingan suhu air pada setiap percobaan yang dilakukan.

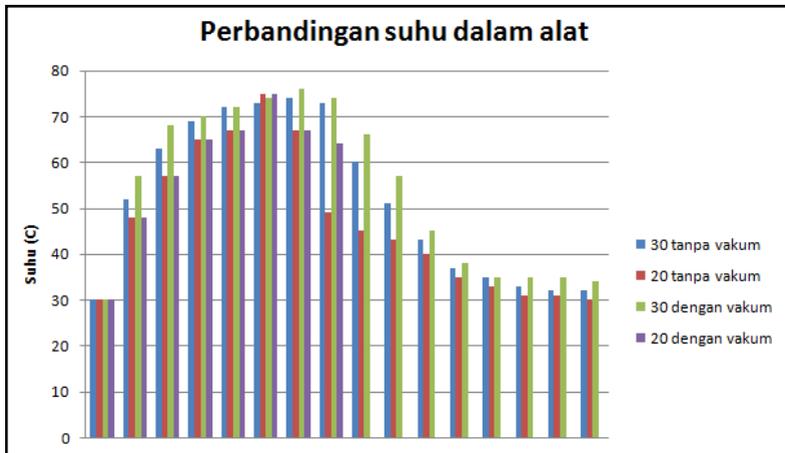


Gambar 4.21. Grafik Perbandingan Suhu Air

Dari grafik diatas maka dapat diketahui bahwa pada percobaan yang ketiga yaitu sudut 30° dengan vakum mampu menaikkan suhu air jika dibandingkan tidak divakum pada dinding alatnya. Selain itu penurunan suhu pada saat matahari sudah terbenam tidak ekstrim, karena penurunan suhu berlangsung pelan. Dari grafik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kevakuman pada dinding dapat menjadi isolasi panas sehingga panas yang ada dalam alat sulit untuk keluar.

4.5.4 Grafik Perbandingan Suhu Dalam Alat

Berikut ini akan disajikan grafik perbandingan suhu dalam alat pada setiap percobaan yang dilakukan. Perbandingan ini mengacu pada posisi letak matahari dengan membentuk sudut bayangan. Karena setiap jam pasti akan terjadi perubahan pada posisi matahari, sehingga dimungkinkan dapat mempengaruhi kinerja alat. Setiap percobaan memiliki data sudut matahari yang sama.

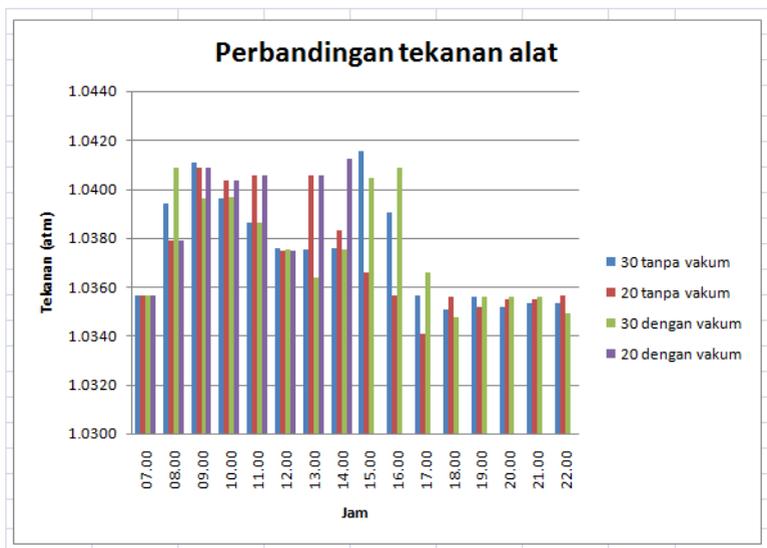


Gambar 4.22. Grafik Perbandingan Suhu Dalam Alat

Dari grafik diatas maka dapat diketahui bahwa pada percobaan yang ketiga yaitu sudut 30° dengan vakum mampu menaikkan suhu dalam alat jika dibandingkan tidak divakum pada dinding alatnya. Selain itu penurunan suhu pada saat matahari sudah terbenam tidak ekstrim, karena penurunan suhu berlangsung pelan. Dari grafik tersebut maka dapat disimpulkan bahwa kevakuman pada dinding dapat menjadi isolasi panas sehingga panas yang ada dalam alat sulit untuk keluar.

4.5.5 Grafik Perbandingan Tekanan Alat

Berikut ini akan disajikan grafik perbandingan tekanan didalam alat yan terjadi pada setiap percobaan. Dimana tekanan akan berubah apabila suhu dari ruang dalam alat berubah. Perubahan ini dapat mempengaruhi massa jenis udara, dalam hal ini adalah Nitrogen. Semakin tinggi suhu maka nilai viskositas akan semakin kecil akibat molekul memiliki kerapatan massa yang besar. Berikut grafiknya.



Gambar 4.23. Grafik Perbandingan Tekanan Udara Dalam Alat

Dari grafik diatas maka dapat diketahui bahwa pada setiap percobaan sebenarnya memiliki nilai tekanan udara didalam alat yang relatif hampir sama. Hal ini disebabkan massa jenis berbanding terbalik dengan temperatur udara. Percobaan yang ketiga yaitu sudut 30° dengan vakum memiliki kecenderungan tekanan yang lebih besar. Hal ini diakibatkan suhu didalam alat tersebut lebih tinggi dan lama, sehingga hal ini dapat mempengaruhi tekanan udara alat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan :

1. Berdasarkan perancangan model *solar water destilator* ini, alat ini dirancang dengan lapisan dindingnya dibuat ganda ternyata dapat dibuat dan diaplikasikan. Selain itu biaya investasi awal tidak besar, sehingga dapat terjangkau oleh masyarakat, yaitu Rp 330.000,-.
2. Berdasarkan hasil percobaan, *flow rates* terbesar terjadi pada percobaan keempat yaitu sebesar 0.507 cc/menit dengan menghasilkan air destilasi sebesar 213 ml selama 7 jam operasi.
3. Berdasarkan hasil percobaan, variasi sudut ternyata dapat mempengaruhi suhu alat serta air hasil destilasi. Disini sudut 30° dapat menghasilkan *flow rates* dan air yang lebih banyak dibandingkan dengan sudut 20°.
4. Berdasarkan analisa hasil percobaan, pemvakuman pada dinding ganda *solar water destilator* dapat mengisolasi panas yang ada didalam alat, sehingga panas akan terperangkap didalam yang mengakibatkan suhu dapat meningkat serta lebih lama jika dibandingkan dengan yang tidak divakumkan. Dengan demikian uap air yang dihasilkan menjadi lebih banyak.
5. Berdasarkan hasil percobaan, tingkat keefektifan *solar water destilator* hasil rancangan ternyata cukup efektif sebab penurunan suhu pada saat sore hingga malam hari terjadi secara perlahan dan lama. Sehingga panas didalam alat masih tersimpan.
6. Effisiensi alat terbesar terjadi pada percobaan keempat yaitu sebesar 18.59 %. Hal ini karena adanya pengaruh pemvakuman pada dinding sebesar -0.4 bar.

5.2. Saran

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, dan kesimpulan yang telah didapat, maka saran yang dapat diberikan demi kesempurnaan penelitian selanjutnya adalah :

1. Dalam melakukan percobaan, sebaiknya peralatan-peralatan yang dibutuhkan harus dalam kondisi baik serta dilakukan kalibrasi terlebih dulu sebelum digunakan. Dalam pengambilan data suhu, sebaiknya menggunakan pengukur suhu yang digital agar lebih akurat dan presisi.
2. Pastikan alat yang dirancang tidak mengalami kebocoran. Oleh karena itu, dibutuhkan proses pengetesan kebocoran seperti *vacuum test* serta proses pengeleman alat yang benar-benar baik saat alat dirangkai.
3. Pada saat melakukan proses pemvakuman, sebaiknya selalu dicek pada bagian katupnya. Sebab pada percobaan yang dilakukan, ternyata ada sedikit kebocoran pada katup. Sehingga perlu dilakukan pemvakuman secara periodik untuk menjaga tekanan tetap. Selain juga mengecek *compound gauge*.
4. Karena bahan yang digunakan adalah kaca yang rawan pecah, sebaiknya dilakukan perencanaan yang matang sebelum alat dibuat. Dapat dimasukkan juga analisa defleksi serta pemuaiian akibat temperatur tinggi.
5. Sebaiknya penelitian menggunakan besaran sudut kaca penutup yang berbeda lebih dari 2 sudut. Hal ini bertujuan agar dapat mengetahui sudut mana yang dapat menghasilkan air destilasi terbanyak.
6. Untuk memaksimalkan hasil penelitian, sebaiknya perlu ditambahkan adanya kondensor agar lebih menghasilkan air destilasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhila, Sarwono, & Hantoro Ridho.2012.*Studi Eksperimental Rancang Bangun Sistem Desalinasi Tenaga Surya Menggunakan Solar Reflector untuk Produksi Brine pada 25° Be*, Jurnal Teknik POMITS Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember,1(1).hal.1-4.
- Holman, J.P.1997.*Perpindahan Kalor*.Jakarta:Erlangga.
- John, & Beckman William.2013.*Solar Engineering of Thermal Processes*.United States of America:Wiley.
- James, Charles, Robert, & Rorrer Gregory L.2008.*Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer*.United States of America:Wiley.
- Ketut, Made, & Gede Putu A.2011.*Analisa Performansi Destilasi Air Laut Tenaga Surya Menggunakan Penyerap Radiasi Surya Tipe Bergelombang Berbahan Dasar Beton*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Udayana,5(1).hal.7-13.
- Mulyanef, Melda, Wira, & Nasution Henry.2012.*Kaji Eksperimental Untuk Meningkatkan Performasi Destilasi Surya Basin Tiga Tingkat Menggunakan Beberapa Bahan Penyimpan Panas*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Bung Hatta,2(1).hal.7-12.
- Sondana, Agung.2013.*Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Dengan Teknologi Insulasi Vakum*, Tugas Akhir S-1, Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS, Surabaya.
- Data hasil pengukuran intensitas radiasi tenaga surya di seluruh Indonesia yang dilakukan oleh BPPT dan BMKG dari tahun 1965 hingga 1995.
- Depkes RI pada Buku Pedoman Umum Gizi Seimbang (1995) & *European Food Safety Authority (EFSA)*.

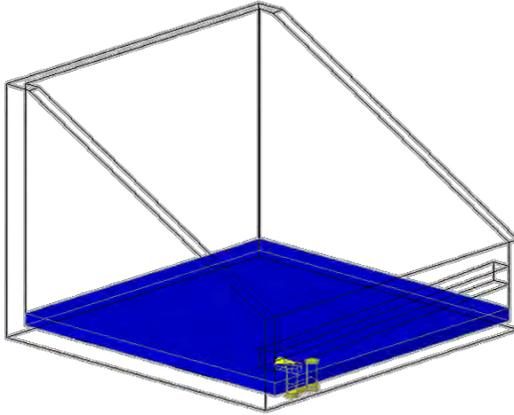
([http://id.wikipedia.org/wiki/Benda hitam](http://id.wikipedia.org/wiki/Benda_hitam)) diakses pada 29 Januari 2014 pukul 14.30 WIB.

([http://id.wikipedia.org/wiki/Efek rumah kaca](http://id.wikipedia.org/wiki/Efek_rumah_kaca)) diakses pada 29 Januari 2014 pukul 14.43 WIB.

([http://www.chem-is-try.org/artikel kimia/kimia anorganik/beberapa fakta s eputar kaca/](http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_anorganik/beberapa_fakta_s_eputar_kaca/)) diakses pada 29 Januari 2014 pukul 15.03 WIB.

(http://amidisjakarta.com/indonesian/whatandwhyamidis_idn.html) diakses pada 21 Februari 2014 pukul 09.10 WIB.

LAMPIRAN



Gambar Desain Rancangan Solar Water Destilator Dinding Ganda



Gambar Solar Water Destilator Saat Dibuat



Gambar Rangkaian Percobaan Sudut 20° tanpa Vakum



Gambar Rangkaian Percobaan Sudut 30° tanpa Vakum



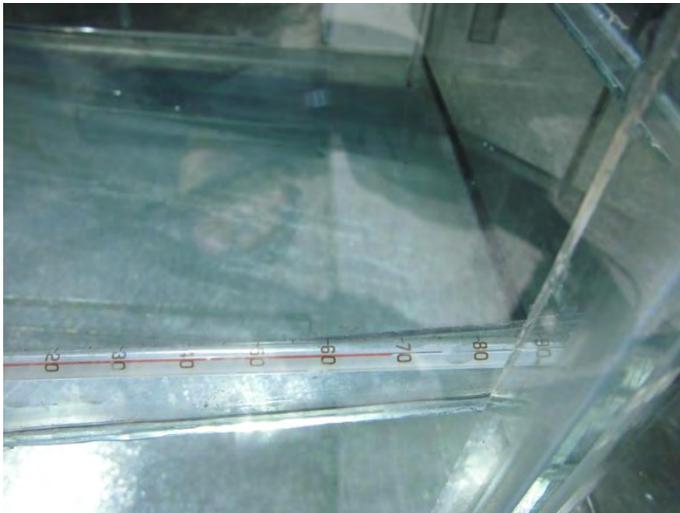
Gambar Rangkaian Percobaan Sudut 20° dengan Vakum



Gambar Rangkaian Percobaan Sudut 30° dengan Vakum



Gambar Pengambilan Data



Gambar Kenaikan Suhu



Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Deputi Bidang Meteorologi

Jl. Angkasa I No. 2 Jakarta 10720, Telp. +62 214246321 Fax. +62 21 4246703

PO BOX 3540 JKT, website : <http://meteo.bmkg.go.id>

No. Surat : R.117.A/IV/2014

Prakiraan Cuaca Indonesia

Berlaku Mulai 26 April 2014 07.00 WIB

Hingga 27 April 2014 07.00 WIB

No.	Kota	Cuaca	Suhu	Kelembaban
1	Banda Aceh	Hujan Ringan	23 - 33	57 - 96
2	Medan	Hujan Ringan	23 - 34	58 - 70
3	Pekanbaru	Berawan	23 - 34	56 - 97
4	Batam	Hujan Ringan	25 - 32	60 - 96
5	Padang	Berawan	22 - 31	68 - 92
6	Jambi	Hujan Ringan	23 - 33	60 - 97
7	Palembang	Hujan Ringan	24 - 34	59 - 97
8	Pangkal Pinang	Hujan Ringan	24 - 32	57 - 96
9	Bengkulu	Hujan Ringan	23 - 32	62 - 96
10	Bandar Lampung	Berawan	24 - 33	58 - 93
11	Pontianak	Hujan Ringan	23 - 33	60 - 98
12	Samarinda	Hujan Ringan	25 - 33	70 - 96
13	Palangkaraya	Hujan Ringan	24 - 33	60 - 97
14	Banjarmasin	Berawan	24 - 31	62 - 98
15	Manado	Berawan	23 - 32	56 - 96
16	Gorontalo	Berawan	24 - 33	55 - 96
17	Palu	Cerah Berawan	23 - 35	55 - 90
18	Kendari	Hujan Sedang	23 - 33	63 - 94
19	Makassar	Hujan Ringan	25 - 34	61 - 94
20	Majene	Hujan Ringan	25 - 32	66 - 94
21	Ternate	Berawan	25 - 32	64 - 95
22	Ambon	Hujan Ringan	24 - 31	70 - 93
23	Jayapura	Hujan Ringan	23 - 32	60 - 98
24	Sorong	Berawan	24 - 32	65 - 97
25	Biak	Hujan Ringan	22 - 31	72 - 96
26	Manokwari	Hujan Ringan	23 - 32	70 - 96
27	Merauke	Hujan Sedang	23 - 31	60 - 97
28	Kupang	Cerah Berawan	24 - 34	55 - 94
29	Sumbawa Besar	Cerah Berawan	23 - 32	51 - 95
30	Mataram	Cerah Berawan	22 - 32	52 - 94
31	Denpasar	Berawan	25 - 33	60 - 88
32	Jakarta	Hujan Sedang	24 - 33	60 - 94
33	Serang	Berawan	24 - 34	56 - 95
34	Bandung	Hujan Ringan	22 - 32	58 - 95
35	Semarang	Hujan Sedang	24 - 32	56 - 94
36	Yogyakarta	Hujan Ringan	23 - 33	62 - 95
37	Surabaya	Hujan Sedang	25 - 34	59 - 95

Jakarta, 25 April 2014

Prakirawan

Miming Saepudin

NIP. 198004042001121003



**PRAKIRAAN CUACA SURABAYA DAN SEKITARNYA
BERLAKU 24 JAM DARI TANGGAL : 26 APRIL 2014 JAM 07.00 WIB**



Cuaca : Hujan ringan pada sore/malam hari, di wilayah Surabaya Selatan dan Timur

Angin : Barat Daya ; Kecepatan : 05 - 30 Km/jam.

Suhu Udara : 24 - 34 °C

Kelembaban : 55- 94 % ; Jarak Pandang : 03 - 10 Km

Matahari Terbit : 05.30 WIB

Matahari Terbenam : 17.23 WIB

Surabaya, 25 April 2014

Prakirawan: R.I. Mansur



Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Deputi Bidang Meteorologi

Jl. Angkasa I No. 2 Jakarta 10720, Telp. +62 214246321 Fax. +62 21 4246703

PO BOX 3540 JKT, website : <http://meteo.bmkg.go.id>

No. Surat : R.122.A/IV/2014

Prakiraan Cuaca Indonesia

Berlaku Mulai 01 May 2014 07.00 WIB

Hingga 02 May 2014 07.00 WIB

No.	Kota	Cuaca	Suhu	Kelembaban
1	Banda Aceh	Hujan Ringan	23 - 33	57 - 96
2	Medan	Hujan Ringan	23 - 33	58 - 70
3	Pekanbaru	Hujan Ringan	23 - 34	51 - 98
4	Batam	Hujan Ringan	25 - 32	66 - 96
5	Padang	Berawan	22 - 30	72 - 94
6	Jambi	Hujan Ringan	23 - 32	64 - 97
7	Palembang	Hujan Ringan	25 - 33	65 - 98
8	Pangkal Pinang	Hujan Ringan	24 - 32	62 - 96
9	Bengkulu	Hujan Ringan	24 - 31	66 - 97
10	Bandar Lampung	Hujan Ringan	24 - 33	56 - 93
11	Pontianak	Hujan Ringan	23 - 32	60 - 98
12	Samarinda	Hujan Ringan	24 - 32	70 - 96
13	Palangkaraya	Hujan Ringan	24 - 33	64 - 98
14	Banjarmasin	Berawan	25 - 33	64 - 97
15	Manado	Hujan Ringan	23 - 32	60 - 96
16	Gorontalo	Hujan Ringan	24 - 33	67 - 97
17	Palu	Hujan Ringan	25 - 34	55 - 90
18	Kendari	Hujan Ringan	23 - 33	63 - 94
19	Makassar	Berawan	24 - 34	52 - 87
20	Majene	Cerah Berawan	26 - 33	62 - 90
21	Ternate	Hujan Ringan	25 - 32	65 - 95
22	Ambon	Hujan Ringan	24 - 31	66 - 92
23	Jayapura	Hujan Sedang	23 - 32	60 - 98
24	Sorong	Hujan Sedang	24 - 32	70 - 97
25	Biak	Hujan Sedang	22 - 31	72 - 96
26	Manokwari	Hujan Sedang	24 - 32	65 - 97
27	Merauke	Cerah Berawan	22 - 31	60 - 97
28	Kupang	Berawan	24 - 33	62 - 95
29	Sumbawa Besar	Cerah Berawan	22 - 33	51 - 94
30	Mataram	Cerah Berawan	23 - 32	53 - 94
31	Denpasar	Berawan	23 - 33	59 - 88
32	Jakarta	Hujan Ringan	24 - 34	57 - 92
33	Serang	Hujan Ringan	23 - 33	57 - 95
34	Bandung	Hujan Ringan	22 - 32	58 - 95
35	Semarang	Cerah Berawan	25 - 33	60 - 88
36	Yogyakarta	Berawan	23 - 32	64 - 93
37	Surabaya	Hujan Ringan	24 - 34	56 - 93

Jakarta, 30 April 2014

Prakirawan

Miming Saepudin

NIP. 198004042001121003



**PRAKIRAAN CUACA SURABAYA DAN SEKITARNYA
BERLAKU 24 JAM DARI TANGGAL : 1 MEI 2014 JAM 07.00 WIB**



Cuaca :  Hujan ringan pada sore/malam hari, di wilayah Surabaya Selatan dan Barat

Angin : Barat Daya ; Kecepatan : 05 - 25 Km/jam.

Suhu Udara : 24 - 34 °C

Kelembaban : 50 - 92 % ; Jarak Pandang : 03 - 10 Km

Matahari Terbit : 05.29 WIB

Matahari Terbenam : 17.21 WIB

Surabaya, 30 April 2014

Prakirawan: Teguh TS



Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Deputi Bidang Meteorologi

Jl. Angkasa I No. 2 Jakarta 10720, Telp. +62 214246321 Fax. +62 21 4246703

PO BOX 3540 JKT, website : <http://meteo.bmkg.go.id>

No. Surat : R.153.A/V/2014

Prakiraan Cuaca Indonesia

Berlaku Mulai 01 June 2014 07.00 WIB

Hingga 02 June 2014 07.00 WIB

No.	Kota	Cuaca	Suhu	Kelembaban
1	Banda Aceh	Hujan Ringan	23 - 32	64 - 95
2	Medan	Hujan Ringan	23 - 32	60 - 70
3	Pekanbaru	Hujan Ringan	22 - 34	50 - 98
4	Batam	Hujan Ringan	25 - 32	67 - 97
5	Padang	Berawan	21 - 31	67 - 92
6	Jambi	Hujan Ringan	23 - 32	64 - 96
7	Palembang	Hujan Ringan	24 - 33	62 - 97
8	Pangkal Pinang	Hujan Ringan	24 - 32	62 - 96
9	Bengkulu	Hujan Ringan	23 - 31	65 - 97
10	Bandar Lampung	Hujan Ringan	23 - 33	55 - 93
11	Pontianak	Hujan Ringan	23 - 33	58 - 98
12	Samarinda	Hujan Ringan	25 - 32	65 - 96
13	Palangkaraya	Hujan Ringan	24 - 33	55 - 97
14	Banjarmasin	Berawan	25 - 33	58 - 97
15	Manado	Hujan Ringan	23 - 32	63 - 97
16	Gorontalo	Hujan Ringan	24 - 32	62 - 94
17	Palu	Hujan Sedang	24 - 32	60 - 92
18	Kendari	Hujan Ringan	24 - 32	62 - 97
19	Makassar	Berawan	24 - 33	55 - 91
20	Majene	Berawan	25 - 31	68 - 91
21	Ternate	Hujan Sedang	25 - 31	71 - 92
22	Ambon	Hujan Sedang	24 - 30	70 - 97
23	Jayapura	Hujan Ringan	23 - 32	60 - 98
24	Sorong	Hujan Ringan	25 - 32	68 - 97
25	Biak	Hujan Ringan	22 - 31	72 - 96
26	Manokwari	Hujan Ringan	24 - 32	65 - 98
27	Merauke	Berawan	22 - 31	60 - 97
28	Kupang	Cerah Berawan	24 - 34	43 - 98
29	Sumbawa Besar	Cerah Berawan	22 - 33	43 - 93
30	Mataram	Cerah Berawan	23 - 32	47 - 94
31	Denpasar	Berawan	25 - 33	60 - 89
32	Jakarta	Hujan Ringan	24 - 34	57 - 92
33	Serang	Hujan Ringan	24 - 32	55 - 94
34	Bandung	Hujan Ringan	21 - 32	59 - 93
35	Semarang	Hujan Ringan	25 - 33	55 - 90
36	Yogyakarta	Berawan	22 - 33	55 - 95
37	Surabaya	Cerah Berawan	24 - 34	50 - 90

Jakarta, 31 May 2014

Prakirawan

Miming Saepudin

NIP. 198004042001121003



PRAKIRAAN CUACA SURABAYA DAN SEKITARNYA
BERLAKU 24 JAM DARI TANGGAL : 01 JUNI 2014 JAM 07.00 WIB



Cuaca

:

Cerah Berawan

Angin

: Timur, Kecepatan : 5 - 35 km/jam.

Suhu Udara

: 25 - 34 °C

Kelembaban

: 50 - 90 % ; Jarak Pandang : 03 - 10 Km.

Matahari Terbit

: 05.34 WIB

Matahari Terbenam

: 17.19 WIB

PRAKIRAWAN : Ahmad Bisri

Kepala Kelompok Prakirawan : Taufiq Hermawan, S.T.



Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Deputi Bidang Meteorologi

Jl. Angkasa I No. 2 Jakarta 10720, Telp. +62 214246321 Fax. +62 21 4246703

PO BOX 3540 JKT, website : <http://meteo.bmkg.go.id>

No. Surat : R.154.A/V/2014

Prakiraan Cuaca Indonesia

Berlaku Mulai 02 June 2014 07.00 WIB

Hingga 03 June 2014 07.00 WIB

No.	Kota	Cuaca	Suhu	Kelembaban
1	Banda Aceh	Hujan Ringan	23 - 32	64 - 95
2	Medan	Hujan Ringan	23 - 32	60 - 70
3	Pekanbaru	Hujan Ringan	23 - 32	58 - 98
4	Batam	Hujan Ringan	25 - 32	67 - 96
5	Padang	Berawan	21 - 31	67 - 92
6	Jambi	Berawan	24 - 32	66 - 96
7	Palembang	Hujan Ringan	24 - 33	58 - 97
8	Pangkal Pinang	Hujan Ringan	24 - 32	62 - 95
9	Bengkulu	Cerah Berawan	23 - 32	62 - 97
10	Bandar Lampung	Hujan Ringan	23 - 33	55 - 93
11	Pontianak	Hujan Ringan	23 - 32	58 - 98
12	Samarinda	Hujan Ringan	25 - 32	65 - 96
13	Palangkaraya	Hujan Ringan	24 - 32	60 - 97
14	Banjarmasin	Hujan Ringan	25 - 33	60 - 98
15	Manado	Hujan Sedang	23 - 32	60 - 97
16	Gorontalo	Hujan Ringan	24 - 32	63 - 97
17	Palu	Hujan Ringan	25 - 32	58 - 93
18	Kendari	Hujan Ringan	24 - 32	62 - 97
19	Makassar	Berawan	24 - 33	55 - 91
20	Majene	Hujan Ringan	26 - 31	68 - 92
21	Ternate	Hujan Sedang	25 - 31	71 - 92
22	Ambon	Hujan Ringan	23 - 30	69 - 95
23	Jayapura	Hujan Ringan	23 - 32	60 - 98
24	Sorong	Hujan Ringan	24 - 30	68 - 98
25	Biak	Hujan Ringan	22 - 31	72 - 96
26	Manokwari	Hujan Ringan	25 - 32	65 - 92
27	Merauke	Berawan	22 - 31	60 - 97
28	Kupang	Berawan	24 - 33	50 - 88
29	Sumbawa Besar	Cerah Berawan	22 - 33	43 - 94
30	Mataram	Hujan Ringan	22 - 32	47 - 95
31	Denpasar	Berawan	24 - 33	58 - 84
32	Jakarta	Hujan Ringan	24 - 34	57 - 92
33	Serang	Berawan	23 - 33	55 - 94
34	Bandung	Hujan Ringan	21 - 32	58 - 90
35	Semarang	Cerah Berawan	24 - 33	55 - 80
36	Yogyakarta	Berawan	22 - 33	60 - 92
37	Surabaya	Cerah Berawan	24 - 34	52 - 91

Jakarta, 1 June 2014

Prakirawan



Soehardi

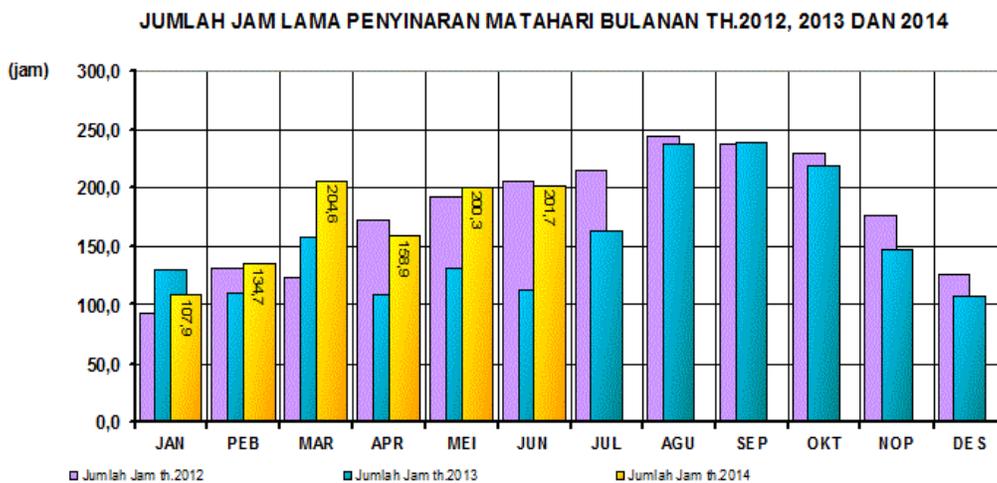
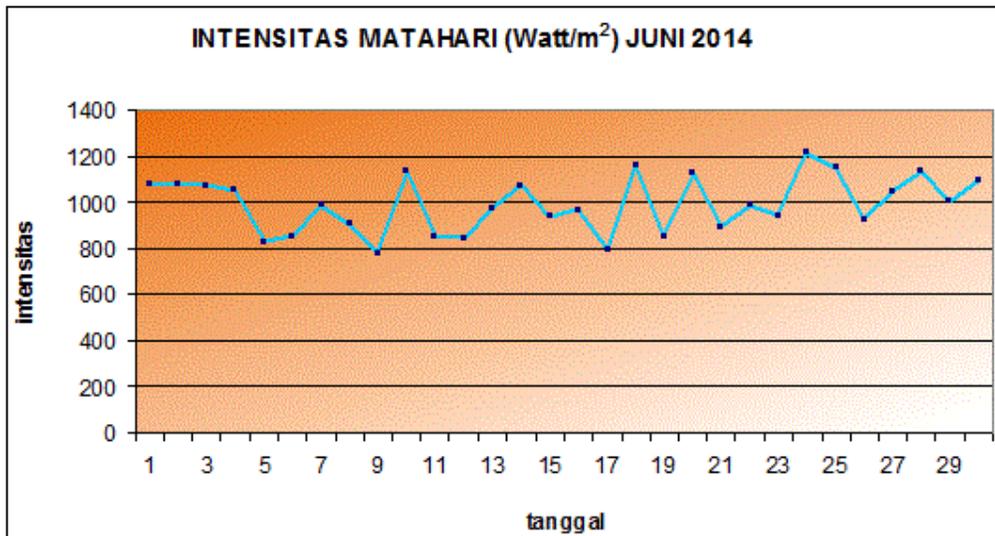
NIP. 198711122008121001



PRAKIRAAN CUACA SURABAYA DAN SEKITARNYA
BERLAKU 24 JAM DARI TANGGAL : 02 JUNI 2014 JAM 07.00 WIB

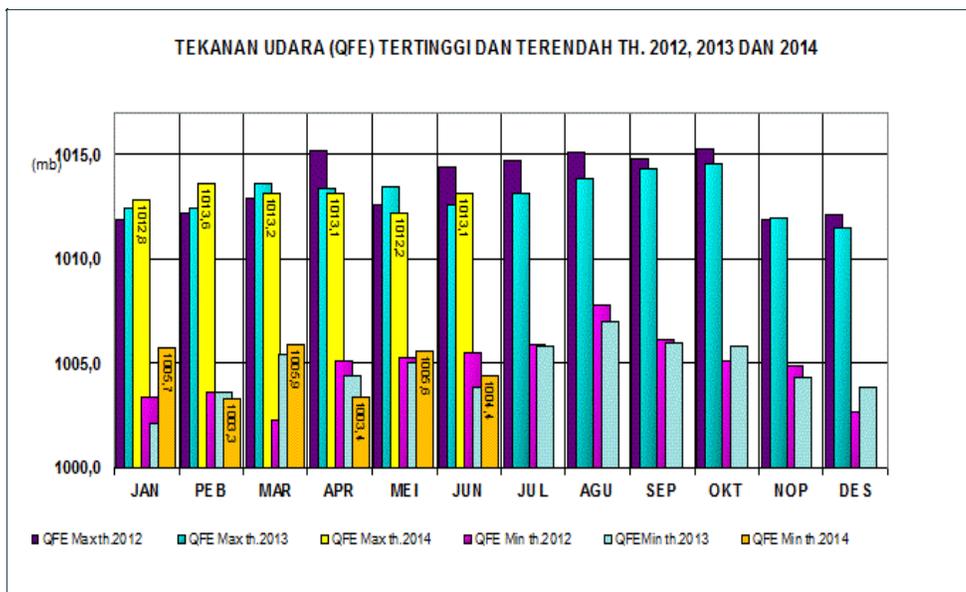
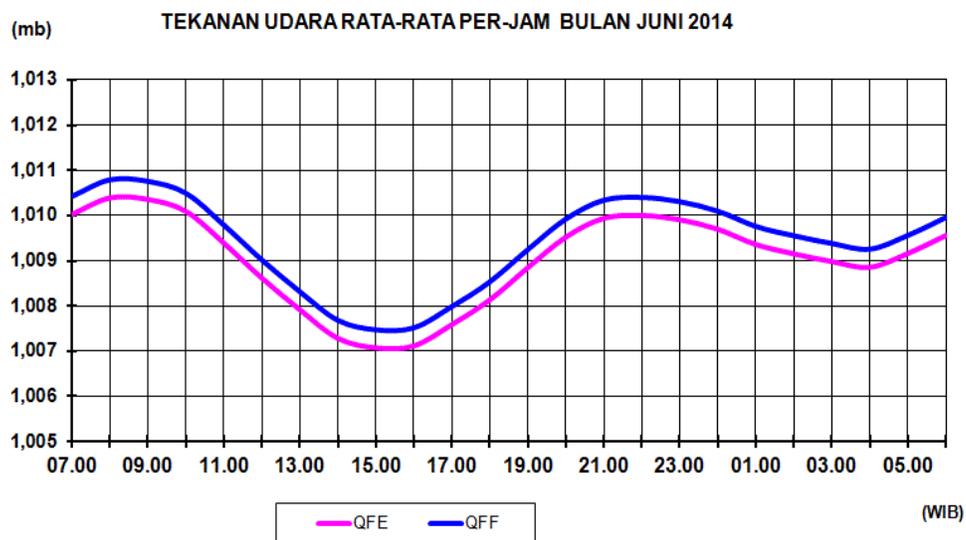


Cuaca :  Cerah Berawan
Angin : Timur ; Kecepatan : 05 - 35 Km/jam.
Suhu Udara : 25 - 34 °C
Kelembaban : 50- 92 % ; Jarak Pandang : 03 - 10 Km
Matahari Terbit : 05.34 WIB
Matahari Terbenam : 17.19 WIB
Surabaya, 29 Mei 2014
Prakirawan: Arif Krisna



Terakhir Diperbaharui (Senin, 15 Oktober 2012 10:23)

Stasiun Meteorologi Perak I Surabaya Jl.Tanjung Sadari Colombo No.78 Surabaya Tlp.031 3541430, 3557801 fax. 031 3557801 email : peraksatu@cuacaperak.info



Terakhir Diperbaharui (Rabu, 12 Januari 2011 11:53)

cari...

Stasiun Meteorologi Perak I Surabaya Jl.Tanjung Sadari Colombo No.78 Surabaya Tlp.031 3541430, 3557801 fax. 031 3557801 email : peraksatu@cuacaperak.info

Table 3 Thermodynamic Properties of Water at Saturation (Continued)

Temp., °C <i>t</i>	Absolute Pressure <i>p_{sat}</i> , kPa	Specific Volume, m ³ /kg _w			Specific Enthalpy, kJ/kg _w			Specific Entropy, kJ/(kg _w ·K)			Temp., °C <i>t</i>
		Sat. Liquid <i>v_f</i>	Evap. <i>v_{fg}</i>	Sat. Vapor <i>v_g</i>	Sat. Liquid <i>h_f</i>	Evap. <i>h_{fg}</i>	Sat. Vapor <i>h_g</i>	Sat. Liquid <i>s_f</i>	Evap. <i>s_{fg}</i>	Sat. Vapor <i>s_g</i>	
0	0.6112	0.001 000	206.141	206.143	-0.04	2500.81	2500.77	-0.0002	9.1555	9.1553	0
1	0.6571	0.001 000	192.455	192.456	4.18	2498.43	2502.61	0.0153	9.1134	9.1286	1
2	0.7060	0.001 000	179.769	179.770	8.39	2496.05	2504.45	0.0306	9.0716	9.1022	2
3	0.7580	0.001 000	168.026	168.027	12.60	2493.68	2506.28	0.0459	9.0302	9.0761	3
4	0.8135	0.001 000	157.137	157.138	16.81	2491.31	2508.12	0.0611	8.9890	9.0501	4
5	0.8725	0.001 000	147.032	147.033	21.02	2488.94	2509.96	0.0763	8.9482	9.0244	5
6	0.9373	0.001 000	137.653	137.654	25.22	2486.57	2511.79	0.0913	8.9077	8.9990	6
7	1.0020	0.001 000	128.947	128.948	29.42	2484.20	2513.62	0.1064	8.8674	8.9738	7
8	1.0728	0.001 000	120.850	120.851	33.62	2481.84	2515.46	0.1213	8.8273	8.9488	8
9	1.1481	0.001 000	113.326	113.327	37.82	2479.47	2517.29	0.1362	8.7878	8.9240	9
10	1.2280	0.001 000	106.328	106.329	42.01	2477.11	2519.12	0.1511	8.7484	8.8995	10
11	1.3127	0.001 000	99.812	99.813	46.21	2474.74	2520.95	0.1659	8.7093	8.8752	11
12	1.4026	0.001 001	93.743	93.744	50.40	2472.38	2522.78	0.1806	8.6705	8.8511	12
13	1.4978	0.001 001	88.088	88.089	54.59	2470.02	2524.61	0.1953	8.6319	8.8272	13
14	1.5987	0.001 001	82.815	82.816	58.78	2467.66	2526.44	0.2099	8.5936	8.8035	14
15	1.7055	0.001 001	77.897	77.898	62.97	2465.30	2528.26	0.2244	8.5556	8.7801	15
16	1.8184	0.001 001	73.307	73.308	67.16	2462.93	2530.09	0.2389	8.5178	8.7568	16
17	1.9380	0.001 001	69.021	69.022	71.34	2460.57	2531.92	0.2534	8.4804	8.7338	17
18	2.0643	0.001 002	65.017	65.018	75.53	2458.21	2533.74	0.2678	8.4431	8.7109	18
19	2.1978	0.001 002	61.272	61.273	79.72	2455.85	2535.56	0.2821	8.4061	8.6883	19
20	2.3388	0.001 002	57.774	57.773	83.90	2453.48	2537.38	0.2964	8.3694	8.6658	20
21	2.4877	0.001 002	54.499	54.500	88.08	2451.12	2539.20	0.3107	8.3329	8.6436	21
22	2.6448	0.001 002	51.433	51.434	92.27	2448.75	2541.02	0.3249	8.2967	8.6215	22
23	2.8104	0.001 003	48.562	48.563	96.45	2446.39	2542.84	0.3390	8.2607	8.5996	23
24	2.9851	0.001 003	45.872	45.873	100.63	2444.02	2544.65	0.3531	8.2249	8.5780	24
25	3.1692	0.001 003	43.350	43.351	104.81	2441.66	2546.47	0.3672	8.1894	8.5565	25
26	3.3631	0.001 003	40.985	40.986	108.99	2439.29	2548.28	0.3812	8.1541	8.5352	26
27	3.5673	0.001 004	38.766	38.767	113.18	2436.92	2550.09	0.3951	8.1190	8.5147	27
28	3.7822	0.001 004	36.682	36.683	117.36	2434.55	2551.90	0.4090	8.0842	8.4932	28
29	4.0083	0.001 004	34.726	34.727	121.54	2432.17	2553.71	0.4229	8.0496	8.4724	29
30	4.2460	0.001 004	32.889	32.889	125.72	2429.80	2555.52	0.4367	8.0152	8.4519	30
31	4.4959	0.001 005	31.160	31.161	129.90	2427.43	2557.32	0.4505	7.9810	8.4315	31
32	4.7585	0.001 005	29.535	29.536	134.08	2425.05	2559.13	0.4642	7.9471	8.4112	32
33	5.0343	0.001 005	28.006	28.007	138.26	2422.67	2560.93	0.4779	7.9133	8.3912	33
34	5.3239	0.001 006	26.567	26.568	142.44	2420.29	2562.73	0.4915	7.8790	8.3713	34
35	5.6278	0.001 006	25.212	25.213	146.62	2417.91	2564.53	0.5051	7.8465	8.3516	35
36	5.9466	0.001 006	23.935	23.936	150.80	2415.53	2566.33	0.5186	7.8134	8.3320	36
37	6.2810	0.001 007	22.733	22.734	154.98	2413.14	2568.12	0.5321	7.7805	8.3127	37
38	6.6315	0.001 007	21.599	21.600	159.16	2410.76	2569.91	0.5456	7.7479	8.2934	38
39	6.9987	0.001 008	20.529	20.530	163.34	2408.37	2571.71	0.5590	7.7154	8.2744	39
40	7.3835	0.001 008	19.520	19.521	167.52	2405.98	2573.50	0.5724	7.6831	8.2555	40
41	7.7863	0.001 008	18.567	18.568	171.70	2403.58	2575.28	0.5857	7.6510	8.2367	41
42	8.2080	0.001 009	17.667	17.668	175.88	2401.19	2577.07	0.5990	7.6191	8.2181	42
43	8.6492	0.001 009	16.818	16.819	180.06	2398.79	2578.85	0.6122	7.5875	8.1997	43
44	9.1107	0.001 010	16.014	16.015	184.24	2396.39	2580.63	0.6254	7.5560	8.1814	44
45	9.5932	0.001 010	15.255	15.256	188.42	2393.99	2582.41	0.6386	7.5247	8.1632	45
46	10.0976	0.001 010	14.537	14.538	192.60	2391.59	2584.19	0.6517	7.4936	8.1452	46
47	10.6246	0.001 011	13.858	13.859	196.78	2389.18	2585.96	0.6648	7.4626	8.1274	47
48	11.1751	0.001 011	13.214	13.215	200.97	2386.77	2587.74	0.6778	7.4319	8.1097	48
49	11.7500	0.001 012	12.606	12.607	205.15	2384.36	2589.51	0.6908	7.4013	8.0921	49
50	12.3499	0.001 012	12.029	12.029	209.33	2381.94	2591.27	0.7038	7.3709	8.0747	50
51	12.9759	0.001 013	11.482	11.483	213.51	2379.53	2593.04	0.7167	7.3407	8.0574	51
52	13.6290	0.001 013	10.964	10.965	217.70	2377.10	2594.80	0.7296	7.3107	8.0403	52
53	14.3100	0.001 014	10.473	10.474	221.88	2374.68	2596.56	0.7424	7.2809	8.0233	53
54	15.0200	0.001 014	10.007	10.008	226.06	2372.26	2598.32	0.7552	7.2512	8.0064	54
55	15.7597	0.001 015	9.563	9.563	230.25	2369.83	2600.07	0.7680	7.2217	7.9897	55
56	16.5304	0.001 015	9.147	9.1468	234.43	2367.39	2601.82	0.7807	7.1924	7.9731	56
57	17.3331	0.001 016	8.748	8.7489	238.61	2364.96	2603.57	0.7934	7.1632	7.9566	57
58	18.1690	0.001 016	8.3690	8.3700	242.80	2362.52	2605.32	0.8061	7.1342	7.9403	58
59	19.0387	0.001 017	8.0094	8.0114	246.99	2360.08	2607.06	0.8187	7.1054	7.9240	59
60	19.944	0.001 017	7.6677	7.6697	251.17	2357.63	2608.80	0.8313	7.0767	7.9079	60
61	20.885	0.001 018	7.3428	7.3438	255.36	2355.19	2610.54	0.8438	7.0482	7.8920	61
62	21.864	0.001 018	7.0337	7.0347	259.54	2352.73	2612.28	0.8563	7.0198	7.8761	62
63	22.882	0.001 019	6.7397	6.7407	263.73	2350.28	2614.01	0.8688	6.9916	7.8604	63
64	23.940	0.001 019	6.4599	6.4609	267.92	2347.82	2615.74	0.8812	6.9636	7.8448	64
65	25.040	0.001 020	6.1935	6.1946	272.11	2345.36	2617.46	0.8936	6.9357	7.8293	65
66	26.180	0.001 020	5.9397	5.9409	276.30	2342.89	2619.19	0.9060	6.9080	7.8140	66
67	27.366	0.001 021	5.6982	5.6992	280.49	2340.42	2620.90	0.9183	6.8804	7.7987	67
68	28.596	0.001 022	5.4680	5.4690	284.68	2337.95	2622.62	0.9306	6.8530	7.7836	68
69	29.873	0.001 022	5.2485	5.2495	288.87	2335.47	2624.33	0.9429	6.8257	7.7686	69

Syarat Mutu Air Minum dalam Kemasan Menurut SNI

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan:		
	a. Bau	-	Tidak berbau
	b. Rasa	-	Normal
	c. Warna	Unit Pt.CO	Maks 5
2	pH	-	6,5 – 8,5
3	Kekeruhan	NTU	Maks 5
4	Kesadahan, sebagai CaCO ₃	mg/L	Maks 150
5	Zat padat terlarut	mg/L	Maks 500
6	Zat Organik, sebagai angka KMnO ₄	mg/L	Maks 1,0
7	Nitrat sebagai NO ₃	mg/L	Maks 45
8	Nitrit sebagai NO ₂	mg/L	Maks 0,005
9	Ammonia (NH ₄)	mg/L	Maks 0,15
10	Sulfat	mg/L	Maks 200
11	Khlorida (Cl)	mg/L	Maks 250
12	Flourida (F)	mg/L	Maks 1
13	Sianida (CN)	mg/L	Maks 0,05
14	Besi (Fe)	mg/L	Maks 0,3
15	Mangan (Mn)	mg/L	Maks 0,05
16	Khlor bebas	mg/L	Maks 0,1
17	Cemaran logam berat		
	a. Timbal (Pb)	mg/L	Maks 0,005
	b. Tembaga (Cu)	mg/L	Maks 0,5
	c. Kadmium (Cd)	mg/L	Maks 0,005
	d. Raksa (Hg)	mg/L	Maks 0,001
18	Cemaran Arsen (As)	mg/L	Maks 0,05
19	Cemaran mikroba		
	a. Angka lempeng total awal	Koloni/mL	Maks 1.0x10 ²
	b. Angka lempeng total akhir	Koloni/mL	Maks 1.0x10 ⁵
	c. Bakteri bentuk <i>coli</i>	APM/100 mL	< 2
		Koloni/mL	Nol
	d. <i>Clotridium perfringens</i>	-	Negatif/100 ml
	e. <i>Salmonella</i>	-	Negatif/100 ml

Tabel 6.2 Kalor Jenis Beberapa Zat

No	Nama Zat	Kalor Jenis	
		J/kg°C	Kkal/kg°C
1.	Alkohol	2.400	550
2.	Es	2.100	500
3.	Air	4.200	1.000
4.	Uap air	2.010	480
5.	Aluminium	900	210
6.	Besi/Baja	450	110
7.	Emas	130	30
8.	Gliserin	2.400	580
9.	Kaca	670	160
10.	Kayu	1.700	400
11.	Kuningan	380	90
12.	Marmer	860	210
13.	Minyak tanah	2.200	580
14.	Perak	230	60
15.	Raksa	140	30
16.	Seng	390	90
17.	Tembaga	390	90
18.	Timbal	130	30
19.	Badan manusia	3.470	830

Sumber: Fisika, Kane & Sterheim, 1991.

Tabel 6.5 Tabel Konduktivitas Termal Beberapa Zat

Nama Zat	Konduktivitas Termal (W/m°C)
Udara	0,024
Hidrogen	0,14
Oksigen	0,023
Bata Merah	0,6
Beton	0,8
Kaca	0,8
Es	1,6
Batu	0,04
Kayu	0,12-0,14
Tembaga	385
Baja	50,2
Aluminium	205

Sumber: Fisika, Kane & Sternheim, 1991.

Tabel 1.
Koefisien perpindahan panas konveksi [2]

No.	Proses	h (Watt/m ² .K)
1	Konveksi Alami <ul style="list-style-type: none"> • Gas • Cairan 	2 - 25 50 - 1000
2	Konveksi Paksa <ul style="list-style-type: none"> • Gas • Cairan 	25 - 250 100 - 20.000
3	Konveksi dengan perubahan fasa (mendidih dan mengembun)	2500 - 100.000

No	Jenis Bahan	Koefisien Muai Panjang/°C
1.	Aluminium	0,000026
2.	Baja	0,000011
3.	Besi	0,000012
4.	Emas	0,000014
5.	Kaca	0,000009
6.	Kuningan	0,000018
7.	Tembaga	0,000017
8.	Platina	0,000009
9.	Timah	0,00003
10.	Seng	0,000029
11.	Pyrex	0,000003
12.	Perak	0,00002

Sumber: Fisika, Kane & Sternheim, 1991

Material	Emissivity
Aluminium foil	0.07
Anodized aluminum	0.82
Polished copper	0.03
Polished gold	0.03
Polished silver	0.02
Polished stainless steel	0.17
Black paint	0.98
White paint	0.90
White paper	0.92-0.97
Asphalt pavement	0.85-0.93
Red brick	0.93-0.96
Human skin	0.95
Wood	0.82-0.92
Soil	0.93-0.96
Water	0.96
Vegetation	0.92-0.96

Sumber: Cengel, Moran, Thermodynamics an Engineering approach

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Blora, 29 Juli 1991. Penulis merupakan anak pertama dan merupakan anak tunggal dari pasangan suami istri, Suwarjo (Alm) dan Partini. Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 1 Mendenrejo pada tahun 1998 hingga tahun 2004. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 1 Mendenrejo hingga lulus pada tahun 2007. Dan berlanjut pada SMA Negeri 1 Cepu. Setelah lulus pada tahun 2010, penulis melanjutkan ke jenjang Strata-1 dan

diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan - Fakultas Teknologi Kelautan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN hingga terdaftar dengan NRP 4210 100 077. Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi *Marine Machinery and System* (MMS) untuk menyelesaikan tugas akhirnya. Selama masa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademis dan non-akademis. Dalam bidang non-akademis penulis aktif sebagai anggota UKM Catur dan Bulu Tangkis ITS, Staff Departemen Ristek Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan periode 2011-2012, Ketua Bidang Keilmiah Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan periode 2012-2013, Anggota Lembaga Dakwah Jurusan, serta turut aktif dalam setiap kegiatan Marine Icon 2011, 2012 dan 2013 sebagai Panitia Umum. Dalam bidang akademis penulis aktif sebagai Grader Turbin Pelton dan Sistem Hidrolis Praktikum Mesin Fluida JTSP FTK-ITS periode 2012-2014, serta menjabat sebagai Kepala Divisi Keilmiah Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem periode 2012-2013, hingga penulis berhasil menamatkan pendidikan S1 pada tahun ajaran 2013-2014.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”