



SKRIPSI – ME184834

**STUDI ANALISIS VARIASI ARUS MASUKAN TERHADAP
JUMLAH AIR TAWAR YANG DIHASILKAN PADA
ATMOSPHERIC WATER GENERATOR MENGGUNAKAN
THERMOELECTRIC COOLER UNTUK KEBUTUHAN
AIR MINUM DI LIFEBOAT**

PRIMA ATMADITZA ZULFIKAR
NRP. 04211745000007

Dosen Pembimbing 1 :
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

Dosen Pembimbing 2 :
Ede Mehta Wardhana, ST., MT.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



SKRIPSI – ME184834

**STUDI ANALISIS VARIASI ARUS MASUKAN TERHADAP
JUMLAH AIR TAWAR YANG DIHASILKAN PADA
ATMOSPHERIC WATER GENERATOR MENGGUNAKAN
THERMOELECTRIC COOLER UNTUK KEBUTUHAN AIR
MINUM DI LIFEBOAT**

PRIMA ATMADITZA ZULFIKAR

NRP. 04211745000007

Dosen Pembimbing 1 :

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

Dosen Pembimbing 2 :

Ede Mehta Wardhana, ST., MT.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



SKRIPSI – ME184834

**STUDY OF ANALYSIS WITH VARIATION OF INPUT
CURRENT ON THE AMOUNT OF FRESHWATER
PRODUCED ON ATMOSPHERIC WATER GENERATORS
USING THERMOELECTRIC COOLERS FOR DRINKING
WATER NEEDS IN LIFEBOATS**

PRIMA ATMADITZA ZULFIKAR

NRP. 04211745000007

Supervisor 1 :

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.

Supervisor 2 :

Ede Mehta Wardhana, ST., MT.

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ANALISIS VARIASI ARUS MASUKAN TERHADAP JUMLAH AIR TAWAR YANG DIHASILKAN PADA ATMOSPHERIC WATER GENERATOR MENGGUNAKAN THERMOELECTRIC COOLER UNTUK KEBUTUHAN AIR MINUM DI LIFEBOAT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

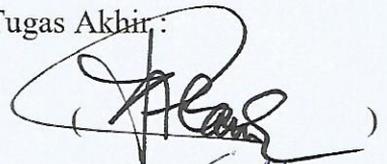
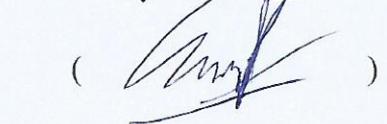
Oleh :

Prima Atmaditza Zulfikar

NRP. 04211745000007

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
NIP 1968 0129 1992 03 1001
2. Ede Mehta Wardhana, ST., MT.
NIP 1992 2017 11048

()
()

SURABAYA

JULI 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI ANALISIS VARIASI ARUS MASUKAN TERHADAP JUMLAH AIR TAWAR YANG DIHASILKAN PADA ATMOSPHERIC WATER GENERATOR MENGGUNAKAN THERMOELECTRIC COOLER UNTUK KEBUTUHAN AIR MINUM DI LIFEBOAT

TUGAS AKHIR

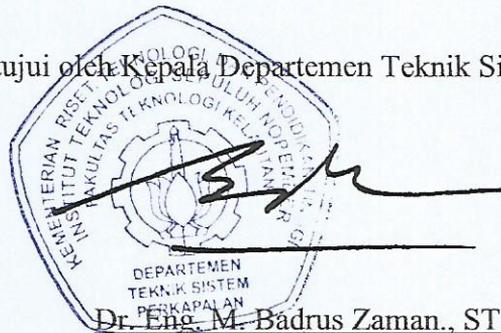
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

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

Oleh :

Prima Atmaditza Zulfikar
NRP. 04211745000007

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman., ST., MT
NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Studi Analisis Variasi Arus Masukan Terhadap Jumlah Air Tawar yang Dihasilkan pada Atmospheric Water Generator Menggunakan Thermoelectric Cooler untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat

Nama Mahasiswa : Prima Atmaditza Zulfikar
NRP : 04211745000007
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen pembimbing 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Dosen pembimbing 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

ABSTRAK

Merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai “Eksperimen Penghasil Air Tawar dari Udara Menggunakan Thermoelectric Cooler untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat” dimana menggunakan perangkat Atmospheric Water Generator (AWG) ini memanfaatkan efek Peltier untuk membantu proses kondensasi. Dengan perubahan fase dari udara (gas) menjadi air (liquid) diharapkan dapat mensuplai kebutuhan air siap minum di lifeboat. Alat ini dapat dikatakan baik jika, dapat menghasilkan jumlah air yang lebih banyak dengan waktu yang lebih singkat. Oleh karena itu pendinginan dibantu oleh heatsink untuk mempercepat pelepasan kalor dari sisi panas *thermoelectric coolers*. Penelitian ini berfokus pada variasi arus masukan ke perangkat AWG, dengan mevariasikan arus masukan ke perangkat AWG. Percobaan dilakukan dengan variasi 4,54 A, 5,05 A, 5,55 A, dan 6,06 A pemilihan ini merujuk pada spesifikasi maksimal TEC1-12706 yang memiliki I_{max} 6,4 A. Pada kondisi kelembapan rata-rata 55-60% dengan menggunakan pipa tembaga dengan luas permukaan 115cm^2 dan dialiri dengan kecepatan udara sebesar 40 CFM. Disamping itu digunakan juga *waterblock* berbahan tembaga dan juga aluminium yang menempel pada *thermoelectric coolers* sebagai media pendingin. Didapatkan kapasitas air paling banyak sebesar 37,5 ml pada variasi arus 6,06 A dan tegangan 12 V untuk 2 *thermoelectric coolers*. Kebutuhan daya yang diperlukan untuk mensuplai alat ini sebesar 72,713 Watt

Kata Kunci : Air Tawar, Arus, Atmospheric Water Generator Thermoelectric coolers, Lifeboat

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Study of Analysis with Variation of Input Current on the Amount of Freshwater Produced on Atmospheric Water Generators Using Thermoelectric Coolers for Drinking Water Needs in Lifeboats

Name of Student : Prima Atmaditza Zulfikar
NRP : 04211745000007
Departement : Marine Engineering ITS
Supervisor 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Supervisor 2 : Ede Mehta Wardhana, ST.,MT.

ABSTRACT

Referring to previous research on " The Experiment Of Producing Fresh Water From Air Using Thermoelectric Cooler For The Drinking Water Need In Lifeboat", where the atmospheric water generator uses the Peltier effect to assist the condensation process .This tool can be said to be good if, can produce more water with a shorter time. So the this AWG is assisted by a heatsink to accelerate the release of heat from the hot side of AWG. This study focuses on input current variations to the AWG device, by varying the input current to the AWG device. Experiments were carried out with variations 4.54 A, 5,05 A, 5,55 A, and 6.06 A This selection refers to the maximum specifications of TEC1-12706 which have I_{max} 6.4 A. In conditions of average humidity 55-60% using copper pipes with a surface area of 115cm² and flowed at air speeds of 40 CFM. Besides that, it also uses copper waterblock and aluminum which attaches to thermoelectric coolers as a cooling medium. The maximum water capacity obtained was 37.5 ml at a current variation of 6.06 A and a voltage of 12 V for 2 thermoelectric coolers. The power requirements needed to supply this AWG are 72,713 Watts

Keyword : Atmospheric Water Generator, Current, Freshwater, Lifeboat, Thermoelectric coolers

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**Studi Analisis Variasi Arus Masukan Terhadap Jumlah Air Tawar yang Dihasilkan pada Atmospheric Water Generator Menggunakan Thermoelectric Cooler untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat**”. Skripsi ini merupakan syarat kelulusan sarjana S-1 pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyelesaian Skripsi ini, banyak dukungan yang diperoleh dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. **Tuhan Yang Maha Esa** atas segala berkat dan anugerah yang telah diberikanNya.
2. Kepada kedua orang tua tercinta Bapak **Radit** dan Ibu **Lisa** yang telah membesarkan saya, mencurahkan kasih sayang dan dukungan dalam segala bentuk usaha sehingga penulis dapat mengenyam pendidikan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Bapak **Ir. Hari Prastowo, M.Sc.** selaku Dosen Wali penulis selama menjalani proses kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
4. Bapak **Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.** selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing penulis dan memotivasi untuk selesainya Skripsi.
5. Bapak **Ede Mehta Wardhana, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing penulis dan memotivasi untuk selesainya Skripsi.
6. Bapak **Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.phil.** selaku Kepala Laboratorium *Marine Machinery and System* yang selalu memberikan nasehat sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi.
7. Bapak **Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT.** selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
8. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
9. Kepada **Alfaatan, Bella, dan Diar** sebagai partner tugas akhir ini yang selalu memberikan motivasi serta saran kepada penulis.
10. Teman teman Kos Keputih G30 **Fahri, Renaldi, Gio, dan Atsil**
11. Teman-teman di **Laboratorium Marine Machinery and System.**
12. Teman-teman **Angkatan 2017** Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

13. Kepada semua pihak yang berkontribusi terhadap selesainya Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT senantiasa memberi rahmat bagi semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Amin. Laporan ini tentunya masih jauh dari kata sempurna, mengingat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang membangun sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik dan bermanfaat bagi kita. Semoga Skripsi ini dapat berguna dan dapat memberi ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR GAMBAR	5
DAFTAR TABEL.....	7
DAFTAR GRAFIK	9
BAB I PENDAHULUAN.....	11
1.1 Latar Belakang	11
1.2 Rumusan Permasalahan.....	12
1.3 Tujuan.....	12
1.4 Batasan Masalah.....	13
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Eksperimen Penghasil Air Tawar Menggunakan Thermoelectric Cooler untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat (Darwin Setiyawan)	15
2.2 <i>Thermoelectric Cooler</i>	17
2.3 <i>Heat Sink & Heat Pipe</i>	21
2.4 <i>Charge Controller</i>	22
2.5 <i>Panel Photovoltaic</i>	23
2.6 Catu Daya (<i>power supply</i>).....	24
2.6.1 Tipe Catu Daya.....	24
2.6.2 Catu daya tak terregulasi/ <i>Unregulated power supply</i>	26
2.6.3 Catu daya terregulasi/ <i>Linier regulated power supply</i>	26
2.6.4 Variabel catu daya/ <i>Switch mode power supply</i>	27
2.7 Lifeboat	27
2.8 Variasi Arus Masukan	29

2.9	Hasil Penelitian Sebelumnya.....	29
2.9.1	Portable Thermoelectric Cooler Box Performance with Variation of Input Power and Cooling. (Afdhal Kurniawan Mainil, Azridjal Aziz M. Akmal)	29
2.9.2	Kaji Eksperimental Dehumidifier Portable Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Arus Listrik Masukan. (Yudhy Kurniawan, Aa Setiyawan).....	30
2.9.3	Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis <i>Thermoelectric Cooling</i> . (Lukman Nulhakim)	30
BAB III	METODE PENELITIAN	33
3.1	Metode yang Digunakan	33
3.2	Studi Literatur.....	34
3.3	Pengumpulan Data	34
3.4	Perencanaan Model	34
3.5	Pembuatan dan Pengujian Model.....	34
3.6	Metode Percobaan	35
3.7	Konsep Percobaan.....	40
3.7.1	Prosedur Percobaan	41
3.7.1.1	Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 4,54 A.....	41
3.7.1.2	Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 5,05 A.....	42
3.7.1.3	Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 5,55 A.....	42
3.7.1.4	Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 6,06 A.....	42
3.8	Analisa dan Pembahasan	43
3.9	Kesimpulan dan Saran.....	43
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	45
4.1	Perhitungan Dew Point Temperature	45
4.2	Eksperimen Variasi Arus Masukan Model AWG.....	46
4.3	Perhitungan Kinerja Thermoelectric Cooler	47
4.3.1	Spesifikasi Modul Termoelektrik	47
4.3.2	Perhitungan pada Percobaan AWG Variasi Arus Masukan 12V	48
4.4	Analisa Hasil Percobaan.....	52
4.4.1	Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 4,54 A.....	52
4.4.2	Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 5,05 A.....	55
4.4.3	Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 5,55 A.....	58

4.4.4	Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 6,06 A.....	63
4.5	Analisa Performa Model AWG	66
4.6	Perhitungan Prosentase Air yang Dapat Diambil dari Udara	66
BAB V	PENUTUP	69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		73
BIODATA PENULIS		93

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perangkat AWG.....	15
Gambar 2. 2 Peltier Thermoelectric cooler	18
Gambar 2. 3 Heat Sink	22
Gambar 2. 4 Charge Controller	23
Gambar 2. 5 (a) Sel fotovoltaik; (b) Modul fotovoltaik	24
Gambar 2. 6 Rangkaian Seri Baterai	25
Gambar 2. 7 Rangkaian Paralel Baterai	25
Gambar 2. 8 Baterai.....	26
Gambar 2. 9 Pengisi Baterai.....	26
Gambar 2. 10 Catu Daya Teregulasi	27
Gambar 2. 11 Power Supply Komputer	27
Gambar 2. 12 Lifeboat.....	29
Gambar 2. 13 Thermoelectric Cooler Box	30
Gambar 2. 14 Sistem Dehumidifier Termoelektrik Portable.....	30
Gambar 2. 15 Pendingin Berbasis Thermo Electric Cooling	31
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	33
Gambar 3. 2 <i>Model Atmospheric Water Generator (AWG)</i>	35
Gambar 3. 3 Alat AWG.....	41
Gambar 4. 1 Diagram Psikometri	45
Gambar 4. 2 Data Temperatur <i>Waterblock</i> Variasi 6,06 A	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kebutuhan air untuk bertahan hidup (per orang)	11
Tabel 3. 1 Data Temperatur dan Kelembapan Udara	34
Tabel 3. 2 Peralatan Percobaan	36
Tabel 4. 1 Data hasil eksperimen (dalam rata-rata)	46
Tabel 4.2 Tabel Perbandingan nilai COP termoelektrik tiap variasi	51
Tabel 4. 3 Data kelembapan dan Volume air	67
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan presentase air alat AWG	67

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Grafik Kapasitas Air	47
Grafik 4. 2 Hubungan COP <i>Thermoelectric Cooler</i> Terhadap Waktu	50
Grafik 4. 3 Hubungan Temperatur <i>Waterblock</i> Terhadap Waktu 4,54 A	52
Grafik 4. 4 Hubungan Temperatur <i>Heatsink & Heat pipe</i> terhadap Waktu 4,54 A	53
Grafik 4. 5 Flowrates terhadap RPM 4,54 A.....	53
Grafik 4. 6 Kelembapan terhadap Waktu 4,54 A	54
Grafik 4. 7 Temperatur <i>Waterblock</i> Terhadap Waktu 5,05 A.....	55
Grafik 4. 8 Heatsink dan Heat pipe terhadap Waktu 5,05 A.....	56
Grafik 4. 9 Flowrates terhadap RPM 5,05 A.....	57
Grafik 4. 10 Kelembapan terhadap Waktu 5,05 A	58
Grafik 4. 11 Temperatur <i>Waterblock</i> Terhadap Waktu 5,55 A.....	59
Grafik 4. 12 Heatsink terhadap Waktu 5,55 A	60
Grafik 4. 13 Flowrates terhadap RPM 5,55 A.....	61
Grafik 4. 14 Kelembapan terhadap Waktu 5,55 A	62
Grafik 4. 15 Temperatur <i>Waterblock</i> Terhadap Waktu 6,06 A.....	63
Grafik 4. 16 Heatsink & Heat pipe terhadap Waktu 6,06 A.....	64
Grafik 4. 17 Flowrates terhadap RPM 6,06 A.....	64
Grafik 4. 18 Kelembapan terhadap Waktu pada 6,06 A.....	65

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hal yang mendasar bagi kelangsungan hidup manusia adalah kebutuhan akan air minum. Air minum sendiri berfungsi untuk menjaga metabolisme tubuh tetap stabil. Terutama jika manusia berada ditengah lautan maka ketersediaan akan air yang dapat dikonsumsi juga terbatas. Belum lagi jika terjadi kecelakaan, maka adanya perlengkapan keselamatan seperti lifeboat berperan penting sebagai kapal darurat agar dapat bertahan hidup di tengah laut. Didalam lifeboat sendiri juga harus terdapat perlengkapan untuk mempertahankan hidup seperti makanan dan minuman yang mana memiliki kapasitas yang terbatas juga. Dari hal tersebut dapat kita simpulkan bahwa kebutuhan untuk bertahan hidup didalam lifeboat ketika terjadi kecelakaan di laut masih kurang terutama ketersediaan akan air tawar yang begitu vital dan mengingat waktu pertolongan yang tidak menentu datangnya.

Ketersediaan air yang kurang dan kualitas air yang buruk biasanya merupakan penyebab pertama dan utama dari kesehatan yang buruk untuk mempengaruhi kesehatan korban baik dalam suatu bencana maupun kecelakaan. Seperti kasus yang terjadi pada seorang nelayan yang terombang-ambing di laut selama dua hari di situbondo pada 27 April 2017 akibat mesin perahu yang mati. Parahnya lagi nelayan ini mengalami dehidrasi berat karena tidak sempat untuk membawa persediaan bekal ataupun juga air minum. (sumber: detik.com)

Dalam sumber yang dirilis oleh WHO pada *Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies* yang bekerja sama dengan *The Sphere Standards* menyarankan untuk persyaratan air dalam kelangsungan hidup merupakan dasar yang digunakan sebagai titik awal untuk menghitung kebutuhan (lihat Tabel 1.1). Namun, penelitian menunjukkan bahwa 20 liter per kapita per hari adalah jumlah minimum air aman yang diperlukan untuk mewujudkan tingkat esensial minimum untuk kesehatan dan kebersihan. Karena itu, upaya harus terus dilakukan untuk mengamankan jumlah ini secara bertahap untuk setiap individu.

Tabel 1. 1 Kebutuhan air untuk bertahan hidup (per orang)

Type of Need	Quantity	Comments
Survival (drinking and food)	2.5 to 3 lpd	Depends on climate and individual physiology
Basic hygiene practices	2 to 6 lpd	Depends on social and cultural norms
Basic cooking needs	3 to 6 lpd	Depends on food type, social, and cultural norms
Total	7.5 to 15 lpd	lpd : litres per day

Sumber : WHO *Technical Notes on Drinking Water, Sanitation, and Hygiene in Emergencies*. 2013

Maka dari itu dibutuhkan perangkat penghasil air tawar yang dapat memproduksi air tawar secara terus menerus. Dengan memanfaatkan udara di tengah laut yang memiliki kadar air tinggi, udara tersebut akan berubah menjadi air tawar ketika udara tersebut didinginkan, proses tersebut merupakan proses kondensasi yaitu perubahan zat dari gas menjadi cair. Untuk dapat mengkondensasi udara tersebut diperlukan suatu

sistem pendingin. Sistem pendingin yang umum digunakan sekarang ini banyak menggunakan zat refrigerant atau Freon yang kurang ramah lingkungan dan berbiaya mahal. Untuk itu dipilih salah satu pendingin alternative yang murah dan ramah lingkungan yaitu dengan *thermoelectric cooler*. Aplikasi *thermoelectric cooler* telah digunakan di berbagai bidang, tidak hanya sebagai pendingin tetapi juga sebagai pembangkit daya, sensor energi termal maupun digunakan padabidang kesehatan seta produk komersial lainnya. Beberapa contoh pemanfaatan *thermoelectric cooler* dibidang computer anatra lain digunakan untuk mendinginkan CPU komputer. Dalam bidang kedokteran dan kesehatan, modul *thermoelectric cooler* ini diaplikasikan pada sebuah kotak penyimpanan darah portable yang mudah dibawa kemana-mana, bahkan dapat digunakan untuk membawa darah hingga ke daerah terpencil. Teknologi *thermoelectric cooler* telah lama dikembangkan namun belum banyak orang yang mengetahuinya. Oleh karena itu penelitian terkait teknologi ini masih sangat terbuka lebar untuk mendukung kebutuhan manusia, khususnya tentang sistem kondensasi uap air yang praktis dan ramah lingkungan.

Pada tugas akhir ini akan dirancang sebuah perangkat penghasil air tawar yang selanjutnya disebut *Atmospheric Water Generator* (AWG) dengan fluida pendinginan yang ramah lingkungan menggunakan *thermoelectric coolers* dengan memanfaatkan sumber energi dari matahari yang nantinya disimpan dalam baterai dan diatur oleh *power supply*. Kemudian dengan memvariasikan arus masukan dari *power supply* ini ke perangkat ini yang kemudian akan dianalisa dan juga dibandingkan pengaruh yang terjadi baik dari performa *thermoelectric coolers* maupun kapasitas air tawar yang dihasilkan dari tiap variasi tersebut.

1.2 Rumusan Permasalahan

Dari uraian latar belakang diatas, rumusan masalah yang akan digunakan peneliti adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara kerja dari perangkat AWG (*Atmospheric Water Generator*) untuk merubah udara menjadi air tawar?
2. Bagaimana pengaruh variasi arus masukan terhadap kinerja *thermoelectric coolers*?
3. Bagaimana pengaruh variasi masukan yang dilakukan terhadap jumlah air tawar yang dihasilkan dan berapa arus masukan yang paling optimal untuk menghasilkan air tawar paling banyak?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan tugas akhir yang akan dicapai oleh peneliti ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui cara kerja perangkat AWG untuk merubah udara menjadi air tawar.
2. Mengetahui performa perangkat dengan variasi arus masukan yang paling optimal untuk menghasilkan air tawar paling banyak
3. Mengetahui pengaruh variasi suplai arus terhadap kinerja *thermoelectric coolers*

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan permasalahan dan mengantisipasi melebarnya topik permasalahan, penulis memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Menggunakan rujukan alat AWG dari (Setiyawan, Darwin. 2017)
2. Thermoelectric cooler yang digunakan adalah TEC1-12076.
3. Lifeboat yang digunakan adalah lifeboat kapasitas 25 orang.
4. Pengujian yang dilakukan pada skala laboratorium
5. Tidak dilakukan analisa ekonomi

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diperoleh dari penelitian dalam tugas akhir ini adalah :

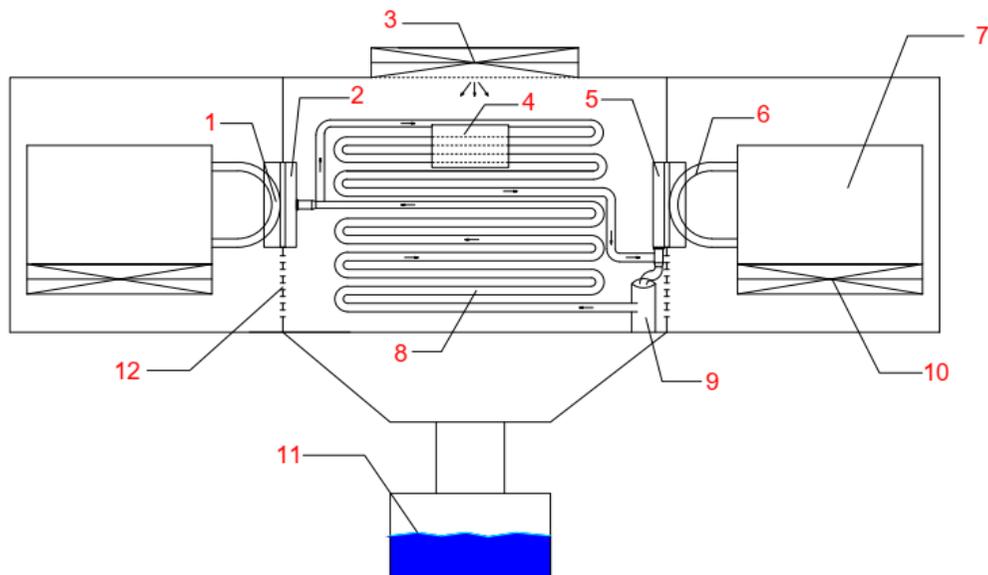
1. Sebagai bahan referensi bagi penelitian sejenisnya dalam rangka pengembangan pengetahuan tentang peningkatan performa perangkat AWG (*Atmospheric Water Generator*) menggunakan *thermoelectric cooler*
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu teknologi untuk menghasilkan air tawar dalam kondisi emergency
3. Penelitian ini diharapkan mampu dijadikan media pembelajaran sebagai teknologi yang murah dan ramah lingkungan

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eksperimen Penghasil Air Tawar Menggunakan Thermoelectric Cooler untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat (Darwin Setiyawan)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Darwin Setiyawan, dilakukan percobaan dengan cara pengestrakan air yang terkandung didalam udara dilakukan dengan proses kondensasi, yaitu didinginkan udara mencapai titik pengembunan menggunakan thermoelectric cooler. Untuk memperluas permukaan, thermoelectric cooler dihubungkan dengan menggunakan berbagai variasi heatsink alumunium, waterblok alumunium dan tembaga serta pipa tembaga dengan luas 115 cm^2 dan suhu pada permukaan pipa tembaga mencapai $3,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Dengan dialirkan udara menuju pipa tembaga dengan kecepatan 20 cfm , didapatkan setiap 1 thermoelectric cooler dapat menghasilkan air 53 mL/jam . Direncanakan pada 1 Lifeboat berkapasitas 25 orang dipasang 6 thermoelectric cooler dengan jam oprasional selama 24 jam, sehingga total air yang didapatkan adalah $7,6 \text{ L/hari}$. Untuk mensuplai kebutuhan 6 thermoelectric cooler beserta kipas maka diperlukan kapasitas total baterai 800AH dan solar panel dengan daya 1122 WP hour yang terbagi menjadi 4 buah solar panel dengan masing-masing 295 WP hour . Dengan total beban perangkat yang dipasang pada Lifeboat sebesar 330 Kg maka Lifeboat dengan spesifikasi 25 orang akan berubah menjadi 20 orang menyesuaikan maksimal beban Lifeboat.



Gambar 2. 1 Perangkat AWG
(Sumber : Setiyawan, Darwin. 2017)

Keterangan :

1. Thermoelectric Cooler : Sebuah Modul thermoelectric cooler dengan keping berbentuk persegi. Jika tegangan listrik searah diberikan ke modul termoelektrik, maka akan terjadi perbedaan temperatur antara kedua sisi modul tersebut.
2. *Waterblock* Tembaga : Merupakan sistem pendingin TEC yang terbuat dari tembaga dan media pendinginnya menggunakan fluida seperti air.
3. Fan Input : Sebagai suplai udara masuk ke perangkat AWG
4. Higrometer & Termometer Display : Penunjuk Tingkat kelembapan udara dan Temperatur pada perangkat AWG
5. *Waterblock* Aluminium : Merupakan sistem pendingin TEC yang terbuat dari aluminium dan media pendinginnya menggunakan fluida seperti air.
6. Heat Pipe : Sebuah teknologi penghantar panas yang menyatu dengan heat sink dengan menggunakan pipa tembaga yang biasanya berisi cairan campuran antara air dan ethanol/alkohol.
7. Heat Sink : Suatu logam yang terbuat bisa dari aluminium atau tembaga yang biasa berfungsi sebagai untuk menjaga temperatur dengan menyerap dan melepaskan panas yang ada
8. Pipa Tembaga : Sebagai heat exchanger atau condenser yang berisi fluida
9. Pompa Sirkulasi : Untuk mensirkulasi fluida yang ada didalam pipa tembaga
10. Heat Sink Fan : Kipas yang ada pada heat sink yang berfungsi untuk menjaga temperatur di heat sink tetap stabil
11. Reservoir Tank : Tempat menampung air yang dihasilkan oleh perangkat AWG
12. Lubang udara : Sebagai tempat sirkulasi udara untuk memaksimalkan kerja heatsink

Prinsip Kerja dari perangkat AWG (Gambar 2.1) adalah menghasilkan air tawar dengan cara kondensasi udara yang ada di perangkat AWG dengan memanfaatkan modul thermoelectric cooler dan juga dilengkapi dengan komponen-komponen pendukung yang disuplai energi dari sel surya dan baterai. Setelah suplai energi listrik dialirkan menggerakkan komponen-komponen pada perangkat AWG. Fan Input (nomor 3) sebagai penyuplai udara masukan yang nantinya akan dikondensasi. TEC (nomor 1) akan menghasilkan perbedaan temperatur antara kedua sisi yaitu sisi panas yang menempel pada heat sink dan sisi dingin yang menempel pada *waterblock* aluminium (nomor 5) ataupun tembaga (nomor 2). Saat TEC ini bekerja sistem pendingin heat sink (nomor 7) dan juga heat pipe (nomor 6) juga akan bekerja untuk menjaga kestabilan temperatur dari TEC dengan dibantu fan yang menyatu dengan heat sink (nomor 10). Setelah itu fluida yang ada dalam pipa tembaga (nomor 8) disirkulasikan oleh pompa (nomor 9) secara terus-menerus agar fluida ini dapat didinginkan oleh *waterblock* yang menempel pada sisi dingin TEC dan menghantarkan temperatur rendah ke permukaan pipa tembaga untuk menangkap udara lembab yang berasal fan input (nomor 3). Setelah dikondensasi dan berubah menjadi butiran-butiran air, hasil yang didapat ini nantinya akan ditampung pada reservoir tank AWG (nomor 11).

2.2 Thermoelectric Cooler

Termoelektrik (thermoelectric) adalah suatu fenomena konversi dari perbedaan temperatur menjadi energi listrik atau sebaliknya. Fenomena ini telah dikembangkan menjadi menjadi suatu modul sehingga dapat digunakan sebagai pembangkit listrik atau perangkat pendingin/pemanas. Modul *thermoelectric cooler* dapat berupa sebuah keping berbentuk persegi dengan ketebalan tertentu, seperti pada gambar 2.2.

Jika tegangan listrik searah diberikan ke modul termoelektrik, maka akan terjadi perbedaan temperatur antara kedua sisi modul tersebut. Sisi yang dingin dapat digunakan sebagai pendingin dan sisi yang panas dapat digunakan sebagai pemanas. Dibandingkan dengan teknologi pendingin konvensional (berbasis refrigeran), termoelektrik memiliki banyak kelebihan seperti: pemanas atau pendingin dapat diatur dengan mengubah arah arus listrik, sangat ringkas, tidak ada getaran, handal, tidak ada perawatan khusus, dan tidak membutuhkan refrigeran.

Terdapat beberapa penelitian tentang pendinginan berbasis termoelektrik dan pengaplikasiannya, termasuk bahan, pemodelan dan pendingin termoelektrik cooler (Zebarjadi, 2015, Shaikh dan Chopra, 2014, Yang et al., 2005). Yang et al, 2005, Filippsechi et al., 2006, Hou et al., 2009 dan Barry et al. 2015 membuat aplikasi pendingin termoelektrik (TEC) untuk perangkat mikro seperti kulkas mini, aplikasi dari heat sink dan kinerja pendinginan termoelektrik yang terintegrasi dengan penukar panas.

Aplikasi yang lebih baru menggunakan TEC dengan desain prototipe yang berbeda untuk sistem pendingin (MartinGomez et al., 2016, Martinez, 2016). Vadi dan Kulkarni, 2015 mempresentasikan analisis termoelektrik kinerja lebih dingin menggunakan dua modul yang terhubung secara paralel, dengan modul Peltier 231W, 15.4V, 15A, TEC1-12715. Hasilnya diperoleh perbedaan suhu 10°C, di dalam kotak volume pendingin 66500cm³ selama 25 menit, dengan input daya 195.6W. Perbedaan suhu yang besar dari modul TEC mempengaruhi sistem pendingin kinerja, di mana analisis dilakukan pada lemari es dengan lokasi modul TEC berbeda untuk peningkatan kinerja (Bajaj et al., 2016).

Sebagian besar penelitian sebelumnya difokuskan pada TEC dengan berbagai model dan prototipe sistem pendingin efek Peltier. Pekerjaan ini berfokus pada penyelidikan kinerja pendingin termoelektrik di bawah berbagai daya input dan beban pendinginan di mana pengaruh arus listrik masuk dan suhu pada penerapan modul termoelektrik juga diselidiki.

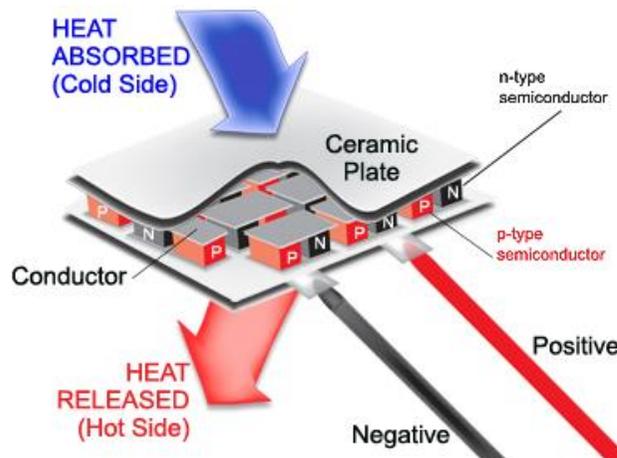
Menurut penelitian yang dilakukan oleh Gardara AD (2012) dan Susanto TA (2012), teknologi *thermoelectric cooler* memiliki banyak kelebihan, diantaranya:

- 1) Ukuran dapat dibuat dalam skala kecil maupun besar.
- 2) Sangat sedikit ruang yang diperlukan oleh sistem pendinginan
- 3) Pendingin *thermoelectric cooler* tidak memiliki bagian yang bergerak, oleh karena itu tidak menimbulkan suara berisik, dan juga kebutuhan pemeliharaan tidak terlalu penting.
- 4) Pendingin *thermoelectric cooler* lebih ramah lingkungan, karena tidak menggunakan Freon
- 5) Dapat dibawa kemana-mana dengan mudah (*portable*)
- 6) Tidak memerlukan banyak komponen tambahan

Adapun kerugian dari modul *thermoelectric cooler* yaitu:

- 1) Parameter material *thermoelectric cooler* dilihat dari besar *figure of merit* suatu material. Idealnya, material *thermoelectric cooler* memiliki konduktivitas listrik yang tinggi dan konduktivitas panas yang rendah. Material yang banyak digunakan saat ini adalah Bi₂Te₃, PbTe, dan SiGe. Saat ini Bi₂Te₃ memiliki *figure of merit* tertinggi. Namun, karena terurai dan teroksidasi pada suhu diatas 500°C, pemakaiannya masih terbatas. Rendahnya *figure of meris* ini menyebabkan rendahnya efisiensi konversi yang dihasilkan, dimana saat ini efisiensinya masih berkisar dibawah 10%
- 2) Adanya kondensasi pada suhu tertentu
- 3) Membutuhkan daya yang besar

Dari beberapa kelemahan diatas mengakibatkan pendingin *thermoelectric cooler* ini hanya efektif pada aplikasi untuk objek pendinginan yang kecil dengan kebutuhan daya yang cukup besar.



Gambar 2. 2 Peltier Thermoelectric cooler
(Sumber : [http:// galanghakim.wordpress.com](http://galanghakim.wordpress.com))

Pada termoelektrik, jika terdapat perbedaan temperatur antar dua sambungan, maka akan dihasilkan tegangan listrik atau efek *Seebeck*, secara matematis dapat ditulis:

$$S_m = V_{Max} / T_h \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- S_m = Koefisien seebeck (V/k)
- V = Tegangan (Volt)
- T_h = Temperatur Sisi Panas (K)

Peristiwa sebaliknya, perbedaan temperatur akan dihasilkan jika ada arus yang mengalir, yaitu efek *Peltier*, dapat ditulis:

$$Q = S_m \cdot I \cdot T \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- Q = Kalor yang diserap atau dibuang tergantung sambungan (W)
- S_m = Koefisien *seebeck* (V/k)
- I = Arus mengalir dalam sambungan termoelektrik (A)
- T = Temperatur pada sambungan baik panas maupun dingin (K)

Thermal Conductance (K_m) sangat bergantung pada bertambahnya kecepatan rata – rata partikel dalam perpindahan energi. Semakin cepat partikel dalam perpindahan energi maka semakin bertambah nilai konduktansi panas. Nilai konduktansi panas didapatkan dari spesifikasi sebagai berikut :

$$K_m = (T_h - \Delta T_{max}) V_{max} \times I_{max} / 2 T_h \times \Delta T_{max} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- K_m : *Thermal Conductance* (W/K)
- V_{max} : Tegangan maksimum (V)
- I_{max} : Arus Maksimum (Ampere)
- T_h : Temperatur di sisi panas (K)
- ΔT_{max} : Perbedaan temperature di sisi panas dan dingin (K)

Hambatan Listrik (R_m) merupakan nilai hambatan listrik pada modul termoelektrik. Nilai tahanan elektrik didapatkan dari spesifikasi *thermoelectric cooler* yaitu :

$$R_m = (T_h - \Delta T_{max}) V_{max} / T_h \times I_{max} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- R_m : Hambatan Listrik (Ohm)
- V_{max} : Tegangan maksimum (V)
- I_{max} : Arus Maksimum (Ampere)
- T_h : Temperatur di sisi panas (K)
- ΔT_{max} : Perbedaan temperature di sisi dingin dan panas (K)

Figure of Merit (Z) merupakan nilai yang sangat berpengaruh terhadap termoelektrik. Semakin besar nilai Z maka performansi dari modul termoelektrik akan semakin baik. Nilai Z bergantung dari bahan semikonduktor pada termoelektrik. Nilai figure of merit didapatkan dengan persamaan berikut :

$$Z = S_m^2 / R_m \times K_m \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- Z : *Figure of Merit* (1/K)
- S_m : *Seebeck Coefficient* (V/K)

Rm : Hambatan Listrik (Ohm)
 Km : *Thermal Conductance* (W/K)

Pada saat termoelektrik teraliri arus listrik, maka terdapat perbedaan temperatur. Jika terdapat perbedaan temperature maka terjadi efek Seebeck, oleh karena itu tegangan pada termoelektrik saat ada arus listrik yang mengalir menjadi:

$$V = I.R + S_m. \Delta T \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

V = Tegangan (Volt)
 I = Arus yang mengalir (Ampere)
 R = Hambatan listrik dari modul termoelektrik (Ohm)
 Sm = Koefisien *seebeck* (V/k)
 ΔT = Beda temperatur antara sisi dingin dan sisi panas (K)

Kemudian, karena adanya perbedaan temperatur, maka terjadi perpindahan kalor. Karena perpindahan kalor secara konduksi sangat dominan, maka pada modul termoelektrik diasumsikan bahwa konveksi dan radiasi antara kedua sisi modul diabaikan. Oleh karenanya dapat dituliskan :

$$Q_{cond} = \Delta T / K_m \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

Qcond = Besarnya perpindahan kalor konduksi (Watt)
 Km = *Thermal Conductance* (W/K)
 ΔT = Perbedaan temperatur antara kedua sisi modul termoelektrik (K)

Heat Absorption (Qc) merupakan laju perpindahan panas yang diserap pada sisi dingin termoelektrik. Kalor tersebut yang nantinya akan dilepas pada sisi panas modul termoelektrik. Nilai heat absorption didapatkan dengan persamaan berikut :

$$Q_c = S_m \times I \times T_c - 0,5 \times R_m \times I^2 - K_m \times \Delta T \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

Qc = Kalor yang diserap sisi dingin (Watt)
 Sm = Koefisien *seebeck* (V/k)
 I = Arus yang mengalir (Ampere)
 Tc = Temperatur sisi dingin (K)
 ΔT = Beda temperatur antara sisi dingin dan sisi panas (K)
 Km = *Thermal Conductance* (/Watt/K)
 Rm = Hambatan listrik modul termoelektrik (Ohm)

Heat Rejection (Qh) merupakan laju perpindahan panas yang dilepas pada sisi panas termoelektrik.. Nilai heat rejection didapatkan dengan persamaan berikut :

$$Q_h = S_m \times I \times T_c + 0,5 \times R_m \times I^2 - K_m \times \Delta T \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

- Q_h = Kalor yang dilepas sisi panas (Watt)
- α = Koefisien seebeck (V/k)
- I = Arus yang mengalir (Ampere)
- T_c = Temperatur sisi dingin (K)
- ΔT = Beda temperatur antara dua sambungan (K)
- θ = Hambatan termal (K/Watt)
- R = Hambatan listrik dari modul termoelektrik (Ohm)

Daya input (P_{in}) merupakan nilai kerja listrik yang diperoleh dari perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Nilai electrical driven power didapatkan dengan persamaan berikut :

$$P_{in} = Q_h - Q_c \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

- Q_h = Kalor yang dilepas sisi panas (Watt)
- Q_c = Kalor yang diserap sisi dingin (Watt)
- P_{in} = Daya input pada *thermoelectric coolers* (W)

Untuk mengetahui nilai kinerja yang merupakan *Coefficient of Performance* (COP) dari sistem pendingin termoelektrik adalah perbandingan antara panas yang diserap oleh *cold junction* dengan *power input*. COP termoelektrik dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$COP = \frac{Q_c}{P_{in}} \dots\dots\dots (11)$$

Dimana:

- COP = *Coefficient of Performance*
- Q_c = Kalor yang diserap sisi dingin (Watt)
- P_{in} = Daya Input (Watt)

2.3 Heat Sink & Heat Pipe

Sistem pendingin *thermoelectric* yang baik tidak terlepas dari alat pendamping yang bagus yaitu peredam panas. Desain dan pemilihan peredam panas sangat krusial dan mempengaruhi secara keseluruhan pada sistem kerja termoelektrik dalam mempercepat laju pendinginan. Peredam panas yang optimal akan meningkatkan *coefficient of performance* dari sistem pendingin *thermoelectric*. Hal ini dapat dilakukan dengan memaksimalkan luas permukaan atau menggunakan peredam panas yang mempunyai kapasitas penyimpanan kalor yang besar sehingga dapat menjaga peredam panas pada temperatur rendah.

Pada gambar 2.3 merupakan heatsink yang akan digunakan pada penelitian ini dengan bahan aluminium yang telah dilengkapi dengan heatpipe dari tembaga dan juga fan. Heat pipe sendiri adalah sebuah teknologi penghantar panas dengan menggunakan pipa tembaga yang biasanya berisi cairan campuran antara air dan ethanol/alkohol.

Mekanisme penghantaran panas pada heat pipe dilakukan melalui tiga daerah hantaran yaitu, *evaporator*, *adiabatic area* dan *condensor* serta struktur *wick* (anyaman berpori) dimana cairan diuapkan pada daerah *evaporator* pada keadaan *vapour* melewati daerah *adiabatic* menuju daerah *condensor*. Uap dilepaskan pada daerah *condensor* sehingga uap mengalami kondensasi dan cairan kembali menuju daerah *evaporator* melalui daya kapilaritas *wick*. *Heat pipe* dapat berkesinambungan menghantarkan panas ke daerah *condensor* karena ada tekanan yang cukup untuk membawa cairan kembali ke daerah *evaporator*.



Gambar 2. 3 Heat Sink
(Sumber: deepcool.com)

2.4 Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Fungsi dari *charge controller* sendiri adalah untuk mengatur tegangan dan arus dari susunan panel surya ke pengisian baterai (*overcharging*) dan melindungi baterai dari tingkat pengisian yang diperbolehkan pabrikan dari baterai. Biasanya untuk fungsi tersebut terdapat charge control dengan jenis MPPT (Maximum Power Point Tracking) dimana charge control jenis ini memiliki sistem cut off maximum dimana secara otomatis akan memutus aliran dari panel surya ke baterai apabila kapasitas dari baterai sudah terpenuhi secara maksimum dan cut off minimum memutus aliran listrik dari baterai ke beban dengan kondisi penyimpanan energi listrik minimal sebesar 20% dari kapasitas maksimalnya, tergantung dari sistem MPPT tersebut berapa persen dari pabrikan untuk membatasi cut off maximum dan cut off minimum. Sehingga dapat meminimalisir kerusakan pada baterai serta menjadikan umur pemakaian baterai menjadi lebih lama.

Penentuan spesifikasi MPPT disesuaikan dengan inputan Tegangan (V), Arus (I) dan Power (P) dari panel. Solar Charge Controller seperti pada gambar 2.4 ini biasanya terdiri dari 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai / aki dan 1 output (2 terminal) yang

terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya / solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.



Gambar 2. 4 Charge Controller
(Sumber: hqsolarpower.com)

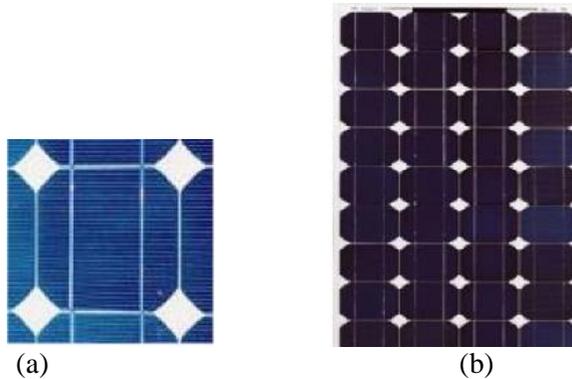
2.5 *Panel Photovoltaic*

Sel surya atau sel photovoltaic, adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar dioda p-n junction, di mana, dalam hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang berguna. Pengubahan ini disebut efek photovoltaic. (Limbong, Jonathan Martin. 2011)

Besarnya arus/tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon itu dan luas permukaan sel itu. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5-1 volt tergantung intensitas cahaya dan jenis zat semikonduktor yang dipakai. Sementara itu intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 Watt. Tapi karena daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltaiik baru mencapai 25%, maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m².

Jenis Bahan Panel Sel Surya yang digunakan adalah jenis monokristal. Merupakan sel surya yang terdiri atas p-n *Junction* monokristal silikon atau yang disebut juga *monocrystalline PV*, mempunyai kemurnian yang tinggi yaitu 99,99%. Efisiensi sel fotovoltaiik jenis silikon monokristal mempunyai efisiensi konversi yang cukup tinggi yaitu sekitar 16 sampai 18%.

Pada penelitian ini digunakan panel surya fotovoltaiik jenis monokristal seperti pada gambar 2.5 a dan b dengan kapasitas 295 WP. Solar cell 295 WP artinya solar cell tersebut mempunyai 295 watt peak (pada saat matahari terik), peak 1 hari diasumsikan 5 jam sehari sehingga daya yang dapat dihasilkan, $295 \times 5 = 1475$ Watt per satu jam pemanasan pada puncak pemanasan (peak).



Gambar 2. 5 (a) Sel fotovoltaik; (b) Modul fotovoltaik
 (Sumber: Wahyu S., Teguh, 2016. Energi Terbarukan PLTS)

2.6 Catu Daya (*power supply*)

Catu daya atau *power supply* adalah sebuah peralatan penyedia tegangan atau sumber daya untuk peralatan elektronika dengan prinsip mengubah tegangan listrik yang tersedia dari jaringan distribusi transmisi listrik ke level yang diinginkan sehingga berimplikasi pada pengubahan daya listrik. Rangkaian pokok dari catu daya tidak lain adalah suatu penyearah yakni suatu rangkaian yang mengubah sinyal bolak-balik (AC) menjadi sinyal searah (DC).

2.6.1 Tipe Catu Daya

Beberapa tipe dari *power supply* adalah sebagai berikut:

a) Catu daya baterai/*Battery power supply*

Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkan tenaganya dalam bentuk listrik. Baterai saat ini memiliki banyak varian, baik yang sifatnya free maintenance tanpa perlu mengisikan bahan cairan kimia untuk menjaga energi listrik yang disimpan. Baterai ada yang berbentuk tabung atau kotak. Ada juga yang dinamakan rechargeable battery, yaitu baterai yang dapat diisi ulang, seperti yang biasa digunakan untuk sistem panel surya. Baterai sekali pakai disebut juga dengan baterai primer, sedangkan baterai isi ulang disebut dengan baterai sekunder.

Kapasitas baterai adalah jumlah ampere jam ($Ah = \text{kuat arus/Ampere} \times \text{waktu/hour}$), artinya baterai dapat memberikan/menyuplai sejumlah isinya secara rata-rata sebelum tiap selnya menyentuh tegangan/voltase turun (drop voltage) yaitu sebesar 1,75 V (ingat, tiap sel memiliki tegangan sebesar 2 V; jika dipakai maka tegangan akan terus turun dan kapasitas efektif dikatakan sudah terpakai semuanya bila tegangan sel telah menyentuh 1,75 V). Misal, baterai 12 V 75 Ah. Baterai ini bisa memberikan kuat arus sebesar 75 Ampere dalam satu jam artinya memberikan daya rata-rata sebesar 900 Watt ($\text{Watt} = V \times I = \text{Voltase} \times \text{Ampere} = 12 \text{ V} \times 75 \text{ A}$). Secara hitungan kasar dapat menyuplai alat berdaya 900 Watt selama satu jam atau alat berdaya 90 Watt selama 10 jam.

Berikut adalah rangkaian instalasi pemakaian baterai :

1. Rangkaian Seri

Pada Rangkaian Seri pada gambar 2.6 jika dua buah baterai di jumper menjadi satu rangkaian, maka tegangannya akan bertambah tetapi arusnya tetap.



Gambar 2. 6 Rangkaian Seri Baterai
(Sumber: Aini, Nia Nur.2017. Makalah Baterai)

2. Rangkaian Paralel

Pada Rangkaian Paralel seperti pada gambar 2.7 menunjukkan jika dua buah baterai di jumper menjadi satu, maka tegangannya tidak bertambah (tetap) tetapi arusnya bertambah.



Gambar 2. 7 Rangkaian Paralel Baterai
(Sumber: Aini, Nia Nur.2017. Makalah Baterai)

Pada penelitian ini digunakan baterai yang memiliki spesifikasi 12V dengan kapasitas 100 AH seperti pada gambar 2.8, untuk memenuhi kebutuhan kapasitas AWG selama 24 jam. Maka baterai akan disusun secara paralel agar kapasitas dari baterai dapat memenuhi kebutuhan dari perangkat AWG.



Gambar 2. 8 Baterai
(Sumber: solarpanel-id.com)

2.6.2 Catu daya tak terregulasi/*Unregulated power supply*

Sebuah catu daya AC yang tidak terregulasi biasanya menggunakan transformator mengubah tegangan dari stop kontak PLN dengan tegangan 220V AC menjadi tegangan yang lebih rendah, dengan variasi tegangan yang berbeda (misal: 220V AC menjadi 6V, 9V, 12V, dll). Contoh dari catu daya jenis ini adalah battery charger seperti ditunjukkan gambar 2.9



Gambar 2. 9 Pengisi Baterai
(Sumber: Jatmiko, Andreas Wahyu. 2014)

2.6.3 Catu daya terregulasi/*Linier regulated power supply*

Catu daya jenis ini menghasilkan tegangan AC/DC terregulasi. Tegangan yang dihasilkan oleh power supply yang tak terregulasi akan bervariasi/fluktuatif tergantung pada variasi tegangan input AC (PLN). Tipe catu daya jenis terregulasi secara linier disajikan dengan gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Catu Daya Teregulasi
(Sumber: Jatmiko, Andreas Wahyu. 2014)

2.6.4 Variabel catu daya/*Switch mode power supply*

Switch Mode Power Supply (SMPS) bekerja dengan prinsip yang berbeda. AC input (PLN), output tegangan DC dari catu daya diperbaiki tanpa menggunakan sebuah transformator listrik. Tegangan DC output ini kemudian dihidupkan dan dimatikan pada kecepatan tinggi dengan switching sirkuit elektronik. SMPS memiliki fasilitas keamanan seperti pembatas arus untuk membantu melindungi perangkat dan pengguna dari bahaya, karena arus yang tidak normal atau tinggi akan terdeteksi dan power supply model ini akan secara otomatis mematikan dirinya sendiri.



Gambar 2. 11 Power Supply Komputer
(Sumber: Jatmiko, Andreas Wahyu. 2014)

2.7 Lifeboat

Lifeboat seperti pada gambar 2.9 merupakan salah satu alat keselamatan yang paling penting di atas sebuah kapal, yang digunakan pada saat keadaan darurat/ekstrim untuk meninggalkan kapal. Penempatan Lifeboat telah diatur oleh SOLAS (safety of Life at sea 1974) dan LSA (Life Saving Appliance) Code yang diterbitkan oleh badan dunia PBB-IMO (International Maritime Organization) dimana peletakan lifeboat bisa di atas kapal

maupun di Offshore. Pada Penelitian ini menggunakan jenis *lifeboat* tertutup (*Fully enclosed lifeboat*) dengan kapasitas sebesar 25 orang. Jenis sekoci ini paling populer yang digunakan pada kapal, karena tertutup dan mampu melindungi kru/penumpang dari cuaca buruk seperti ombak besar, angin kencang dan panas yang terik.

Peralatan yang ada di dalam lifeboat adalah:

- 2 pengait, 1 peluit atau peralatan sinyal bunyi lainnya.
- Gayung apung dan dua ember.
- Petunjuk pertahanan hidup.
- Kompas operasional, pada lifeboat yang tertutup seluruhnya, kompas menempel pada posisi steering.
- Jangkar laut yang ukurannya memadai dan tahan terhadap getaran.
- 2 tali penambat perahu dengan panjang tidak kurang dari jarak antara posisi tempat penyimpanan lifeboat ke garis air pada kondisi laut paling dangkal atau 15 m.
- 2 kapak pada setiap ujung dari lifeboat.
- 2 wadah kedap air yang berisi masing-masing 3 liter air tawar, atau yang dapat memenuhi kebutuhan air minum sebanyak 2 hari.
- Timba tahan karat dengan tali temali.
- Cadangan makanan dengan total tidak kurang dari 10.000 kJ untuk setiap orang. Setiap cadangan makanan dibungkus dengan bungkus kedap udara dan disimpan pada wadah kedap air.
- 4 rocket parachute flare sesuai dengan persyaratan pada LSA Code Section 3.1.
- 6 hand flare sesuai dengan persyaratan pada LSA Code Section 3.2.
- 2 smoke signal yang dapat mengambang.
- 1 senter tahan air yang bisa digunakan untuk mengirim sinyal morse.
- 1 cermin yang dapat memantulkan cahaya pada siang hari untuk kapal lain atau pesawat terbang.
- 1 *copy* petunjuk dari sinyal *life-saving* sesuai dengan regulasi V/16 pada tempat tahan air.
- Peralatan P3K dengan bungkus kedap air atau yang mampu tertutup rapat setelah digunakan.
- Obat anti mabuk laut yang mencukupi untuk 48 jam atau tas berisi obat anti mabuk untuk masing-masing orang.
- Tempat pisau agar pisau tetap pada tempatnya, 3 timah pembuka.
- 2 buah rescue quoits, terkait paling tidak selama 30 menit pada tali mengambang.
- Satu set alat memancing, Pemadam kebakaran portable
- Lampu sorot dengan sudut horizontal serta vertikal sekitar 6° dan intensitas cahayanya 2.500 cd dimana dapat bersinar secara terus menerus tidak kurang dari 3 jam.
- Radar reflector, kecuali ada radar transponder tersimpan di lifeboat.
- Pakaian pelindung panas, sesuai dengan section 2.5 dimana pakaian pelindung ini berjumlah 10% dari jumlah penumpang atau dua



Gambar 2. 12 Lifeboat
(Sumber : cultofsea.com)

2.8 Variasi Arus Masukan

Pengujian variasi arus masukan terhadap perangkat AWG (*Atmospheric Water Generator*) dilakukan dengan perubahan tegangan yang masuk dari baterai dengan batasan daripada spesifikasi *thermoelectric coolers* jenis TEC1-12706 dengan rentang arus 4,54A, 5,05A, 5,55A, dan 6,06A. Tujuan dilakukannya variasi ini adalah untuk mengetahui masukan yang paling optimal untuk menghasilkan air tawar paling banyak dan mengetahui pengaruhnya terhadap performa *thermoelectric coolers* yang bekerja. Pengujian ini perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi sumber listrik DC ke perangkat AWG. Dengan variasi arus masukan ini berpengaruh terhadap putaran dari kipas yang nantinya juga akan mempengaruhi kapasitas udara yang masuk ke perangkat dan juga temperatur penguapan pada perangkat AWG, sehingga akan mempengaruhi kapasitas air yang dihasilkan.

2.9 Hasil Penelitian Sebelumnya

2.9.1 Portable Thermoelectric Cooler Box Performance with Variation of Input Power and Cooling. (Afdhal Kurniawan Mainil, Azridjal Aziz M. Akmal)

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan daya input melalui variasi listrik voltase. Tabel 1 menunjukkan daya input pada variasi tegangan listrik. Pada gambar 2.9 menunjukkan kotak pendingin yang telah di variasi daya input (50.5 W, 72,72 W dan 113,64 W) masing-masing untuk operasi 2 jam. Nilai daya input dalam peralatan mempengaruhi suhu modul pendingin. Hasilnya menunjukkan bahwa suhu di dingin sisi pendingin dan kotak pendingin berkurang dengan meningkatnya daya input yang disuplai ke sistem, karena lebih banyak penyerapan panas di sisi dingin modul TEC sehingga semakin rendah suhu yang diperoleh pada sisi pendingin dan kotak pendingin.



Gambar 2. 13 Thermoelectric Cooler Box

(Sumber: Afdhal Kurniawan Mainil, Azridjal Aziz M. Akmal.2018.)

2.9.2 Kaji Eksperimental Dehumidifier Portable Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Arus Listrik Masukan. (Yudhy Kurniawan, Aa Setiyawan)

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa pembahasan, dapat disimpulkan penggunaan 4 buah termoelektrik yang dirangkai secara paralel dengan sumber arus listrik yang berbeda yaitu 10,32 A dan 28 A, diperoleh hasil penurunan kelembaban hingga 31,7% dan 36,35% sedangkan untuk nilai COP rata-rata termoelektrik adalah 0,65 dan 0,75, sehingga dengan menggunakan termoelektrik TEC1-12706 dengan sumber arus input 10,32 A lebih baik karena dengan COP dan penurunan kelembaban yang relatif sama hanya membutuhkan daya listrik 132,48 Watt.



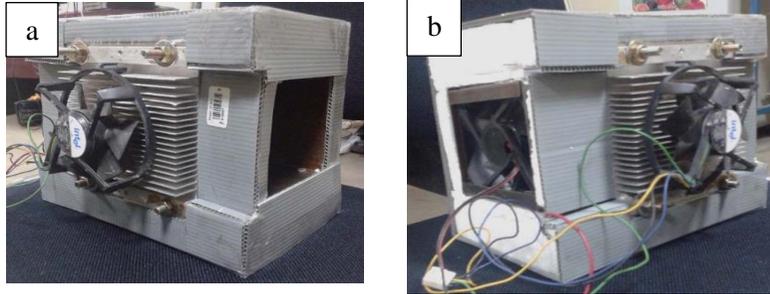
Gambar 2. 14 Sistem Dehumidifier Termoelektrik Portable

(Sumber: Yudhy Kurniawan, Aa Setiyawan. 2015.)

2.9.3 Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis *Thermoelectric Cooling*. (Lukman Nulhakim)

Thermo electric cooling (TEC) teknologi dimana ketika arus DC dialirkan ke elemen peltier yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe p dan tipe n dimana akan mengakibatkan salah satu sisi elemen peltier menjadi dingin dan sisi lainnya menjadi panas. Proses perakitan pendingin menggunakan 2 buah thermoelectric cooling tipe TEC1-12706, heatsink, fan dan rongga berbentuk persegi panjang dengan ukuran 80

x 80 x 150 mm dengan menggunakan isolator styrofoam. Pengujian dilakukan selama 30 menit dengan variasi tegangan 3, 6, 9 dan 12 V, variasi selain tegangan juga menggunakan variasi kecepatan udara pada sisi dingin 1,2 dan 3 m/s. Hasil terbaik pada variasi dengan tegangan 12 V dan kecepatan 1 m/s yaitu 20 °C.



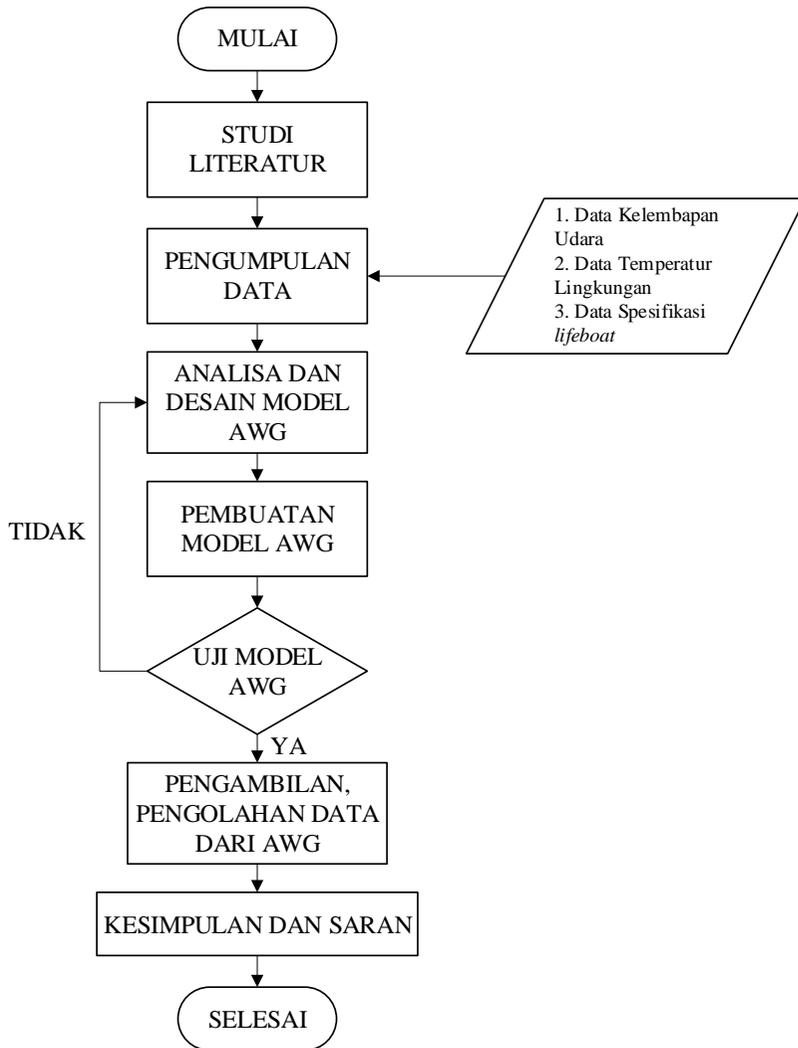
Gambar 2. 15 Pendingin Berbasis Thermo Electric Cooling
(Sumber: Lukman Nulhakim. 2017.)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode yang Digunakan

Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir. Berikut merupakan flowchart penelitian:



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

3.2 Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan pembelajaran terhadap teori-teori yang mendukung penelitian dan akan dibahas dalam penulisan tugas akhir. Teori-teori yang dimaksud tentang sistem pendingin, perpindahan panas, kelistrikan, hukum termodinamika, perubahan fase dan karakteristik air serta udara. Referensi tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber yang relevan dan dapat dipertanggungjawabkan seperti:

1. Buku
2. Jurnal
3. Paper
4. Tugas Akhir

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan guna menunjang dalam penyelesaian skripsi ini. Pengumpulan data diperlukan untuk mengetahui data faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja dari *thermoelectric cooler*. Data yang dimaksud seperti data kelembapan udara, temperatur, udara masuk, arus masukan, arus dan daya baterai, daya dari panel surya, dan yang paling penting kapasitas air yang diperoleh dari beberapa variasi yang telah dilakukan.

Tabel 3. 1 Data Temperatur dan Kelembapan Udara

Bulan	Temperatur Minimum (°C)	Temperatur Maksimum (°C)	Temperatur Rata-Rata (°C)	RH Rata-rata (%)
Januari	24.8	32.3	27.8	82.1
Februari	24.6	32.3	28.0	82
Maret	24.6	32.4	27.7	83.7
April	25.6	32.6	28.4	83.3
Mei	24.9	33.0	19.6	77.5
Juni	23.2	32.1	27.2	76.3
Rata-rata	24.6	32.4	26.4	80.8

Sumber : BMKG Surabaya, ID 96935.

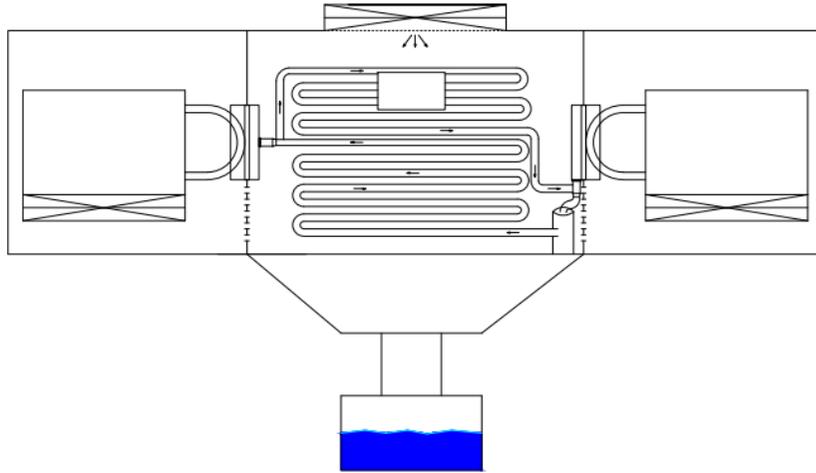
3.4 Perencanaan Model

Pada tahapan ini akan dibahas tentang proses perencanaan model yang meliputi analisa dari model yang akan didesain dan proses pendesainan model dengan menggunakan software desain. Kemudian dibandingkan dengan desain model rujukan dari penelitian sebelumnya.

3.5 Pembuatan dan Pengujian Model

Pada tahapan ini dilakukan Pembuatan model meliputi perakitan rangkaian elektronik pada peltier serta sistem pembuang panas di heat sink. Bahan casing dari model menggunakan *acrylic*, Bahan ini dipilih karena mudah dibentuk dengan bantuan alat cnc, kemudian mudah ditemukan dipasaran dan juga harganya yang terjangkau. Lalu

perakitan casing dari model ini sendiri menggunakan lem khusus untuk acrylic itu agar aliran udara dimampatkan dengan optimal.



Gambar 3. 2 Model Atmospheric Water Generator (AWG)

Setelah model selesai dirakit maka diperlukan pengujian sesuai dengan set up alat penelitian sbelumnya apakah model dapat bekerja menghasilkan secara maksimal dan efisien. Setelah dilakukan pengujian, hasil yang didapat dari pengujian dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya untuk memverifikasi memenuhi atau tidaknya model yang telah dibuat. Dengan parameter-parameter yang telah ditetapkan seperti temperatur, RH, Daya yang digunakan dan RPM dari Jika dirasa belum memenuhi parameter-parameter tersebut dilakukan analisa dan perencanaan model lagi.

Kemudian akan dilakukan pengujian beberapa variasi sesuai dengan bahasan inti penelitian ini, berikut adalah rencana pengujian perangkat AWG dalam beberapa variasi:

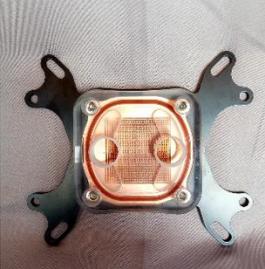
- Variasi 1 : Tegangan 9V dan Arus sebesar 4,54 A
- Variasi 2 : Tegangan 10V dan Arus sebesar 5,05 A
- Variasi 3 : Tegangan 11V dan Arus sebesar 5,55 A
- Variasi 4 : Tegangan 12V dan Arus sebesar 6,06 A

3.6 Metode Percobaan

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan menggunakan beberapa alat dan bahan yang menunjang dalam pengambilan data. Peralatan dan bahan yang digunakan sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Peralatan Percobaan

No	Nama	Gambar	Spesifikasi
1.	Thermoelectric Cooler		<p>Hot Side T(°C) : 50 °C Delta Tmax (°C) : 75 °C Qmax (Watts) : 92 W I_{max} (Amps) : 6,06 A V_{max} (Volts) : 14,4 - 16.4 V Module Resistance (Ohms) : 1,98</p>
2.	Heatsink		<p>Overall Dimension: 135x80x154.5 mm Fan Dimension: 120x120x25 Weight: 670g Rated Voltage: 12 VDC Operating Voltage: 10.8-13.2 VDC Starting Voltage: 7 VDC Rated Current: 0.25A Power Input: 3 W Fan Speed: 900-1500 RPM Max. Air Flow: 74.34 CFM Noise Level: 17.8-30 dB Bearing Type: Hydro Bearing</p>
3.	Fan Inlet		<p>Overall Dimension: 120x120x25 mm Fan Dimension: 120x120x25 Weight: 150g Rated Voltage: 12 VDC Operating Voltage: 10.8-13.2 VDC Starting Voltage: 7 VDC Rated Current: 0.25A Power Input: 3 W Fan Speed: 700-1800 RPM Max. Air Flow: 74.5 CFM Noise Level: 18-35.2 dB Bearing Type: Hydraulic Bearing</p>

4.	<i>Waterblock</i> Alumunium		<p>- Overall Dimension: 40 mm x 40 mm x 12 mm -Dimension of fitting: 7 mm</p>
5.	<i>Waterblock</i> Tembaga		<p>- Overall Dimension: 10,5 cm x 9,0 cm x 4.0 cm -Dimension of copper box : 5 cm x 5 cm -Dimension of fitting: 10 mm</p>
6.	Pompa		<p>Brushless DC Pump Hmax: 300cm Qmax: 240 L/H Input: DC 12V , 4.2W Max. Liquid T(°C) :60°C</p>
7.	Indikator Termometer dan Higrometer		
8.	Power Switching		<p>Input : 220 Volt AC Output : 12 Volt DC / 30 Ampere</p>

9.	Pipa Tembaga		
10.	<i>Clamp Meter</i>		DCM 400 AD AC/DC Clamp Meter Vmaksimum : 600 V Imaksimum : 400 A
11.	Kotak <i>Acrylic</i> untuk AWG		
12.	Thermal Pasta		Untuk menyalurkan panas dari <i>thermoelectric cooler</i> ke heatsink dan <i>waterblock</i>
13.	Coolant		Sebagai working fluid yang dimasukkan kedalam pipa tembaga.

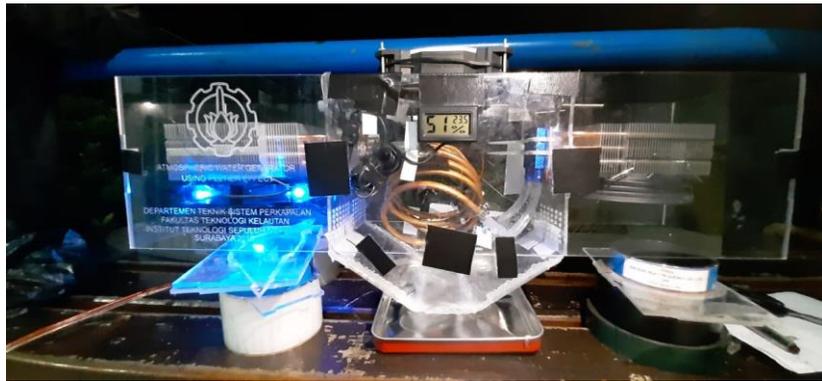
14.	Jarum Suntik		Untuk membantu pengisian cairan coolant
15.	Perkakas		Membantu untuk pemasangan dan juga fitting dalam perakitan alat
16.	Gelas Ukur		Sebagai wadah ukur hasil eksperimen
17.	Termometer Digital		Sebuah alat untuk mengukur suhu sisi panas, sisi dingin, heatsink, heat pipe, copper pipe. Satuan suhu dalam (°C)
18.	Tachometer		Sebuah alat untuk mengukur putaran fan dengan satuan (rpm)

19.	Anemometer		Sebuah alat untuk mengukur kecepatan angin pada fan.
20.	Selang Fleksibel		Sebagai penghubung antara pipa tembaga dengan <i>waterblock</i> .
21.	Multimeter		Sebuah alat untuk mengukur besar tegangan yang masuk pada alat
22.	Termometer		Sebuah alat untuk mengukur suhu lingkungan sekitar. Satuan suhu dalam (°C)

3.7 Konsep Percobaan

Percobaan variasi arus masukan terhadap perangkat AWG (Atmospheric Water Generator) dilakukan dengan perubahan tegangan yang masuk dari baterai, untuk mengetahui masukan yang paling optimal untuk menghasilkan air tawar paling banyak. Dengan variasi arus masukan ini berpengaruh terhadap putaran dari kipas yang nantinya juga akan mempengaruhi kapasitas udara yang masuk ke perangkat dan juga temperatur pada perangkat AWG, sehingga akan mempengaruhi kapasitas air yang dihasilkan. Jumlah variasi yang akan digunakan ada 5 percobaan dengan tegangan 9V dan arus 4,54 Ampere; 10V dan arus 5,05 A; 11V dan arus 5,55 A; 12V dan arus 6,06 A dengan jumlah

thermoelectric cooler yang digunakan berjumlah 2 buah dan juga batas RPM maksimal dari *Fan Inlet* adalah 2200 RPM



Gambar 3. 3 Alat AWG

Sehingga dari konsep percobaan yang dilakukan akan memunculkan beberapa jenis percobaan yang akan dilakukan sebagai berikut.

1. Percobaan perubahan temperatur terhadap waktu dengan jumlah modul thermoelectric cooler 2 buah dengan tegangan 9V dan arus 4,54 A.
2. Percobaan perubahan temperatur terhadap waktu dengan jumlah modul thermoelectric cooler 2 buah dengan tegangan 10V dan arus 5,05 A.
3. Percobaan perubahan temperatur terhadap waktu dengan jumlah modul thermoelectric cooler 2 buah dengan tegangan 11V dan arus 5,55 A.
4. Percobaan perubahan temperatur terhadap waktu dengan jumlah modul thermoelectric cooler 2 buah dengan tegangan 12V dan arus 6,06 A.

Percobaan dilakukan selama 420 menit dengan rentang pengambilan data selama 15 menit sekali dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya. Dalam proses pengambilan data terdapat beberapa parameter pada pelaksanaan percobaan pada sistem pendingin ini. Parameter – parameter yang dipakai pada saat percobaan yaitu sebagai berikut:

1. Tegangan (Volt)
2. Ampere (A)
3. Temperatur (°C)
4. Durasi (Menit)
5. RH (%)
6. Putaran Fan (RPM)
7. Flowrate (m/s)
8. Jumlah Air yang Dihasilkan (ml)

3.7.1 Prosedur Percobaan

3.7.1.1 Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 4,54 A

1. Persiapkan perangkat AWG yang telah dirakit lengkap dengan termoelektrik berjumlah 2 buah dan juga telah terkoneksi dengan sumber arus DC

2. Lakukan konfigurasi pada power supply sebesar 9V sebelum masuk ke perangkat AWG dan dilakukan pengecekan tegangan dengan *Clamp Meter*
3. Menyalakan suplai listrik DC dengan memasang saklar yang terpasang pada aliran antara baterai dan AWG
4. Lakukan pengambilan data dengan mengamati jumlah air yang dihasilkan, perubahan temperatur ,dan juga RH dipanel display AWG selama 420 menit dengan rentang pengambilan data selama 15 menit sekali dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.

3.7.1.2 Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 5,05 A

1. Persiapkan perangkat AWG yang telah dirakit lengkap dengan termoelektrik berjumlah 2 buah dan juga telah terkoneksi dengan sumber arus DC
2. Lakukan konfigurasi pada power supply sebesar 10V sebelum masuk ke perangkat AWG dan dilakukan pengecekan tegangan dengan *Clamp Meter*
3. Menyalakan suplai listrik DC dengan memasang saklar yang terpasang pada aliran antara baterai dan AWG
4. Lakukan pengambilan data dengan mengamati jumlah air yang dihasilkan, perubahan temperatur ,dan juga RH dipanel display AWG selama 420 menit dengan rentang pengambilan data selama 15 menit sekali dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.

3.7.1.3 Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 5,55 A

1. Persiapkan perangkat AWG yang telah dirakit lengkap dengan termoelektrik berjumlah 2 buah dan juga telah terkoneksi dengan sumber arus DC
2. Lakukan konfigurasi pada power supply sebesar 11V sebelum masuk ke perangkat AWG dan dilakukan pengecekan tegangan dengan *Clamp Meter*
3. Menyalakan suplai listrik DC dengan memasang saklar yang terpasang pada aliran antara baterai dan AWG
4. Lakukan pengambilan data dengan mengamati jumlah air yang dihasilkan, perubahan temperatur ,dan juga RH dipanel display AWG selama 420 menit dengan rentang pengambilan data selama 15 menit sekali dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.

3.7.1.4 Percobaan AWG dengan Variasi Arus Masukan 6,06 A

1. Persiapkan perangkat AWG yang telah dirakit lengkap dengan termoelektrik berjumlah 2 buah dan juga telah terkoneksi dengan sumber arus DC
2. Lakukan konfigurasi pada power supply sebesar 12V sebelum masuk ke perangkat AWG dan dilakukan pengecekan tegangan dengan *Clamp Meter*
3. Menyalakan suplai listrik DC dengan memasang saklar yang terpasang pada aliran antara baterai dan AWG
4. Lakukan pengambilan data dengan mengamati jumlah air yang dihasilkan, perubahan temperatur ,dan juga RH dipanel display AWG selama 420 menit dengan rentang pengambilan data selama 15 menit sekali dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.

3.8 Analisa dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data air yang dapat dihasilkan dengan daya dari solar panel sehingga kita dapat mengolah data tersebut dan dapat dilakukan analisa dan pembahasan.

3.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah melakukan analisa dan pembahasan yang diperoleh, maka selanjutnya akan dapat ditarik kesimpulan dari analisa data tersebut, serta memberikan saran-saran atau rekomendasi yang dapat menunjang untuk dilakukan penelitian di waktu yang akan datang.

Tabel 3.3 Jadwal Pelaksanaan

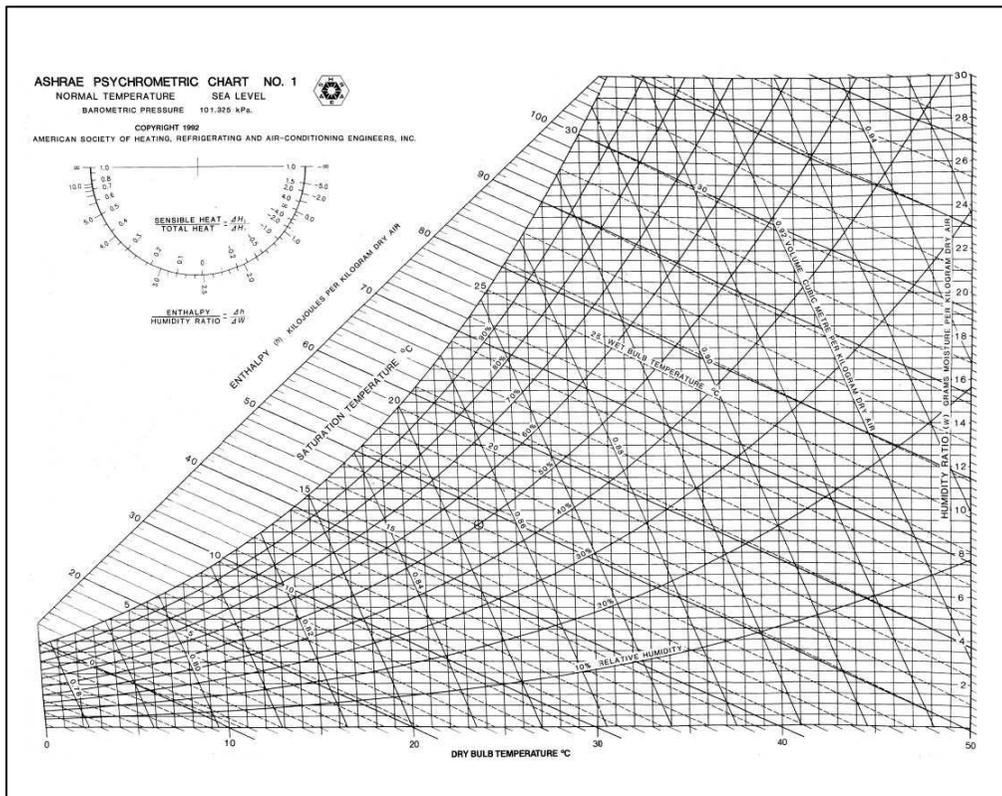
NO.	RENCANA KEGIATAN	BULAN 1				BULAN 2				BULAN 3				BULAN 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Identifikasi Masalah dan Studi literatur	■	■	■	■	■	■										
2	Pembuatan desain AWG (<i>Atmospheric Water Generator</i>)						■	■									
3	Pembuatan alat dan Percobaan alat							■	■	■	■	■	■				
4	Pengambilan data									■	■	■	■	■	■		
5	Analisa dan Pembahasan									■	■	■	■	■	■	■	
6	Kesimpulan dan saran										■	■	■	■	■	■	
7	Penyusunan Laporan											■	■	■	■	■	■

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Dew Point Temperatur

Dew point temperature adalah titik-titik embun, dimana temperatur yang dapat merubah udara menjadi titik-titik air. Untuk mengetahui dew point temperature dari suatu wilayah kita harus mengetahui suhu serta kelembapan udara pada saat itu. Dengan kelembapan udara 100% maka *dew point temperature* adalah sama dengan suhu lingkungan. Berdasarkan data dari yang diperoleh pada saat percobaan pada bulan Juni-Juli 2019 di Surabaya rata-rata kelembapan udara yang didapat sekitar 55-60% dan suhu udara rata-rata adalah 28 °C. Maka untuk mengetahui dew point temperature di Surabaya adalah dengan memasukan data kelembapan dan suhu udara ke dalam diagram Psikometri.



Gambar 4. 1 Diagram Psikometri
(Sumber: ashrae.org)

Dari hasil pembacaan diagram psikometri pada gambar 4.1, maka dapat kita ketahui bahwa *dew point temperature* rata-rata di Surabaya adalah 19°C, yang berarti bahwa untuk merubah udara menjadi air tawar maka perlu pendinginan dengan temperatur minimal sesuai dengan rata-rata *dew point temperature*. Semakin rendah temperatur

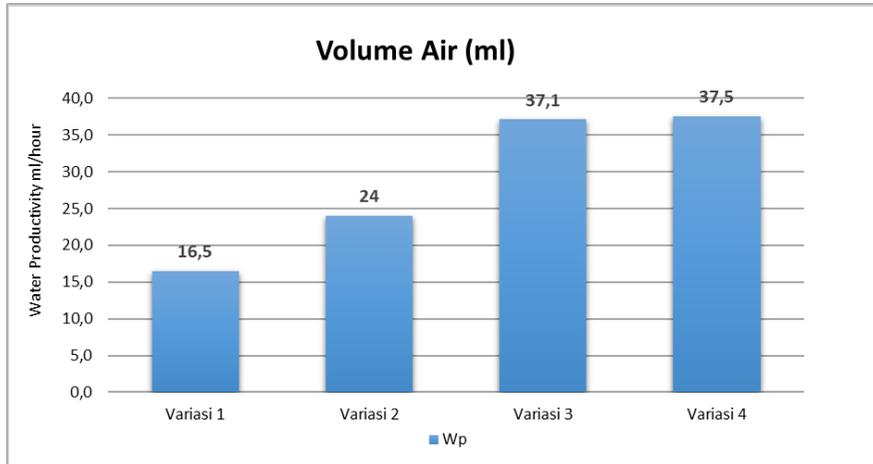
pendinginan maka proses kondensasi akan semakin cepat, sehingga terbentuknya embun juga akan semakin banyak dan air yang dihasilkan dari udara juga akan semakin banyak dengan waktu yang sama.

4.2 Hasil Eksperimen Variasi Arus Masukan Model AWG

Pengujian variasi arus masukan terhadap perangkat AWG (Atmospheric Water Generator) dilakukan dengan pengubahan tegangan yang masuk dari baterai, untuk mengetahui masukan yang paling optimal untuk menghasilkan air tawar paling banyak. Pengujian ini perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi sumber listrik DC ke perangkat AWG. Dengan variasi arus masukan ini berpengaruh terhadap putaran dari kipas yang nantinya juga akan mempengaruhi kapasitas udara yang masuk ke perangkat dan juga temperatur pada perangkat AWG, sehingga akan mempengaruhi kapasitas air yang dihasilkan.

Tabel 4. 1 Data hasil eksperimen (dalam rata-rata)

Rata-rata		Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
RH (%)		59	59	57	59
Tlingkungan (°C)		25,5	24	27	27
Truang pendingin (°C)		22,6	20,4	18,9	19,1
Waterblock	Hot Side (Cu)(°C)	25,4	28	27,3	25,5
	Hot Side (Al) (°C)	28,1	27,9	30,5	30,8
	Cold Side (Cu)(°C)	26,3	25,2	23,9	23,5
	Cold Side (Al) (°C)	25,8	25,6	25,7	26,3
Heatsink (Kiri Al) (°C)		26	26,6	29,1	28,1
Heatsink (Kanan Al) (°C)		28,6	29,3	32,1	30,9
Heatpipe (Kiri Al) (°C)		24,6	25,3	27,6	26,8
Heatpipe (Kanan Al) (°C)		26,1	27	29,2	28,8
Fan (m/s)	Flow rate (atas)	1,7	1,8	2	2,1
	Flow rate (kiri)	0,86	1	1,1	1,1
	Flow rate (kanan)	0,4	0,45	0,5	0,6
Copper tube (°C)		25,7	24,2	24	23,7
RPM		1566	1615	1654	1755
Water (ml)		16,5	24	37,1	37,5



Grafik 4. 1 Grafik Kapasitas Air

Dari data hasil eksperimen tabel 4.1 dan grafik 4.2 tersebut dapat kita simpulkan bahwa variasi arus masukan yang paling optimal dari keempat variasi tersebut adalah pada variasi 6,06 A. Pada variasi pertama dengan variasi 4,54 A jumlah air yang didapat adalah 16,5 ml/7jam, kemudian pada variasi kedua dengan variasi 5,05 A jumlah air yang didapat adalah 24 ml/7jam, lalu variasi yang ketiga dengan variasi 5,55 A jumlah air yang didapat meningkat yaitu 37,1 ml/7jam, dan variasi yang terakhir dengan 6,06 A didapat jumlah air sebesar 37,8 ml/7jam. Dari hasil tersebut dapat kita simpulkan bahwa semakin besar arus, maka kapasitas air yang dihasilkan akan semakin tinggi juga. Akan tetapi penambahan arus ini juga memiliki batasan maksimal yang merujuk kepada spesifikasi dari *thermoelectric cooler* yang memiliki arus kerja maksimal sebesar 6,4 A sehingga penambahan arus harus dibatasi agar tidak melebihi arus kerja maksimal yang dapat menyebabkan performa *thermoelectric cooler* tidak efisien karena akan menimbulkan panas berlebihan dan dapat menyebabkan kerusakan pada komponen.

4.3 Perhitungan Performa Thermoelectric Cooler

Pada tahap perhitungan kinerja termoelektrik maka diperlukan beberapa parameter dan ketentuan yang diperlukan dalam tahap perhitungan. Berikut merupakan spesifikasi dari termoelektrik dan tahap perhitungan untuk menentukan kinerja dari termoelektrik :

4.3.1 Spesifikasi Modul Termoelektrik

V_{max}	: 15,4 Volt
I_{max}	: 6,4 Ampere
ΔT_{max}	: 75 °C
T hot side	: 50 °C
Q_c_{max}	: 92 W
R_{Ω}	: 1,98 Ohm

4.3.2 Perhitungan pada Percobaan AWG Variasi Arus Masukan 12V

Pada perhitungan ini dilakukan pengambilan sampel data percobaan dengan tegangan 12V dan arus 6,06 A pada *waterblock* tembaga menit ke-420, termoelektrik terangkai paralel dengan jumlah 2 buah pada *waterblock* tembaga dan yang satunya menempel pada *waterblock* aluminium. Hasil perhitungan dari beberapa variasi percobaan yang dilakukan terdapat pada lampiran. Berikut ini adalah data temperatur *waterblock* hasil percobaan pada tegangan 12 V dan arus 6,06 A:

Duration (minute)	Waterblock T(oC)			
	Hot Side Tembaga 6,06 A	Hot Side Aluminiu m 6,06 A	Cold Side Tembaga 6,06 A	Cold Side Aluminium 6,06 A
0	23,1	29,7	28,0	28,5
15	23,4	29,0	28,0	28,3
30	23,4	29,2	27,5	27,8
45	23,6	29,6	27,5	28
60	23,6	29,9	26,5	27,8
75	23,8	30,3	26,5	27,5
90	24,1	30,3	25,4	27,1
105	24,2	30,3	25,0	27
120	24,4	30,5	24,9	26,8
135	24,6	30,5	24,2	26,8
150	24,7	30,6	24,0	26,7
165	24,7	30,6	23,8	26,5
180	25,2	30,6	23,6	26,7
195	25,7	30,6	23,1	26,7
210	25,9	30,8	23,3	26,5
225	25,9	30,9	23,1	26,5
240	26,0	31,0	23,0	25,7
255	26,1	31,0	22,5	26,2
270	26,2	31,1	22,4	26,2
285	26,2	31,1	22,2	25,7
300	26,2	31,4	22,1	25,7
315	26,8	31,4	22,1	25,4
330	27	31,4	22,0	25,2
345	27,3	31,5	21,8	25,4
360	27,3	31,7	21,0	24,7
375	27,4	31,9	20,5	24,4
390	27,5	32	19,8	24,2
405	27,8	32,1	19,6	24,6
420	27,8	32,2	19,5	24,4

Gambar 4. 2 Data Temperatur *Waterblock* Variasi 6,06 A

4.3.2.1 Seebeck Coefficient (Sm)

Seebeck Coefficient (Sm) merupakan nilai yang sangat berpengaruh terhadap karakteristik bahan modul yang digunakan Untuk mendapatkan nilai koefisien seebeck dari spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S_m &= V_{\max} / T_h \\ S_m &= 15,4 / (27,8+273) \\ S_m &= 0,051197 \text{ (V/K)} \end{aligned}$$

4.3.2.2 Thermal Conductance (Km)

Thermal Conductance (Km) sangat bergantung pada bertambahnya kecepatan rata – rata partikel dalam perpindahan energi. Semakin cepat partikel dalam perpindahan energi maka semakin bertambah nilai konduktansi panas. Nilai konduktansi panas didapatkan dari persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} K_m &= (T_h - \Delta T_{\max}) V_{\max} \times I_{\max} / 2T_h \times \Delta T_{\max} \\ K_m &= ((27,8+273)-(273+8,3)) 15,4 \times 6,4 / 2(273+27,8) \times (273+8,3) \\ K_m &= 0,01136 \text{ W/K} \end{aligned}$$

4.3.2.3 Electrical Resistance (Rm)

Electrical Resistance (Rm) merupakan nilai hambatan listrik pada modul termoelektrik. Nilai tahanan elektrik didapatkan dari spesifikasi thermoelectric cooler yaitu :

$$R_m = 1,98 \text{ Ohm}$$

4.3.2.4 Figure of Merit (Z)

Figure of Merit (Z) merupakan nilai yang sangat berpengaruh terhadap termoelektrik. Semakin besar nilai Z maka performansi dari modul termoelektrik akan semakin baik. Nilai Z bergantung dari bahan semikonduktor pada termoelektrik. Nilai figure of merit didapatkan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Z &= S_m^2 / R_m \times K_m \\ Z &= 0,051197^2 / 1,98 \times 0,01136 \\ Z &= 0,1165 \text{ (1/K)} \end{aligned}$$

4.3.2.5 Heat Rejection (Qh)

Heat Rejection (Qh) merupakan laju perpindahan panas yang dilepas pada sisi panas termoelektrik. Nilai heat rejection dipengaruhi oleh efek konduksi dan efek joulean. Nilai heat rejection didapatkan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} Q_h &= S_m \times I \times T_c + 0,5 \times R_m \times I^2 - K_m \times \Delta T \\ Q_h &= 0,0511968 \times 6,06 \times (273+19,5) + 0,5 \times 1,98 \times 6,06^2 - 0,01136 \times (8,3+273) \\ Q_h &= 127,01 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.3.2.6 Heat Absorption (Q_c)

Heat Absorption (Q_c) merupakan laju perpindahan panas yang diserap pada sisi dingin termoelektrik. Kalor tersebut yang nantinya akan dilepas pada sisi panas modul termoelektrik. Nilai heat absorption didapatkan dengan persamaan berikut :

$$Q_c = S_m \times I \times T_c - 0,5 \times R_m \times I^2 - K_m \times \Delta T$$
$$Q_c = 0,050774 \times 6,06 \times (273+19,5) - 0,5 \times 1,98 \times 6,06^2 - 0,01136 \times (8,3+273)$$
$$Q_c = 54,298 \text{ Watt}$$

4.3.2.7 Electrical Power (P_{in})

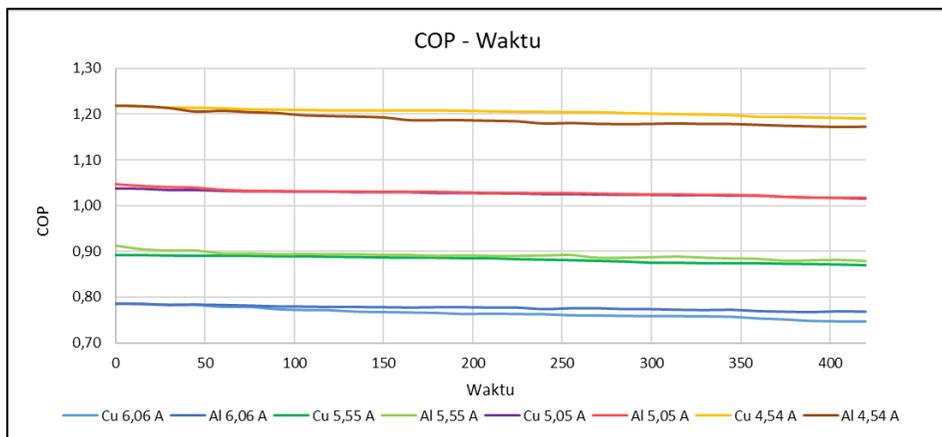
Electrical Power (P_{in}) merupakan nilai kerja listrik yang diperoleh dari perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin. Nilai electrical driven power didapatkan dengan persamaan berikut :

$$P_{in} = Q_h - Q_c$$
$$= 127,01 - 54,298$$
$$= 72,712 \text{ Watt}$$

4.3.2.8 Coefficient of Performancy (COP)

Nilai COP merupakan nilai performansi dari modul termoelektrik dalam kerjanya. Dengan nilai COP semakin tinggi maka kualitas bahan semikonduktor termoelektrik semakin bagus. Nilai COP didapatkan dengan persamaan berikut :

$$COP = Q_c / P_{in}$$
$$COP = 54,298 / 72,712$$
$$COP = 0,74675$$



Grafik 4. 2 Hubungan COP *Thermoelectric Cooler* Terhadap Waktu

Tabel 4.2 Tabel Perbandingan nilai COP termoelektrik tiap variasi

No	Variasi	TEC	Qh	Qc	Pin	COP
1	6,06 A	Wb Tembaga	127,011	54,298	72,712	0,746
		Wb Alumunium	127,185	54,473	72,712	0,749
2	5,55 A	Wb Tembaga	121,219	60,23	60,988	0,987
		Wb Alumunium	120,978	59,98	60,988	0,983
3	5,05 A	Wb Tembaga	116,643	66,148	50,494	1,309
		Wb Alumunium	116,732	66,237	50,494	1,311
4	4,54 A	Wb Tembaga	110,964	70,153	40,81	1,718
		Wb Alumunium	110,447	69,637	40,81	1,706
Rata-rata			118,897	62,646	56,251	1,189

Berdasarkan grafik 4.2 dan tabel 4.2 dapat diketahui bahwa jumlah arus masukan juga mempengaruhi temperatur yang dicapai di sisi panas pendingin dan juga nilai COP dari masing-masing termoelektrik. Persamaan 8, 9, 10 dan 11 diterapkan untuk menghitung nilai COP untuk setiap arus input, hasilnya menunjukkan bahwa nilai COP akan menurun seiring berjalannya waktu dengan meningkatnya nilai arus input dari 4,54 A, 5,05 A, 5,55 A, dan 6,06 A. Ini karena ketika arus input meningkat, itu berarti penyerapan panas juga meningkat, sehingga kondisi ini akan menyebabkan suhu di sisi dingin heat sink berkurang.

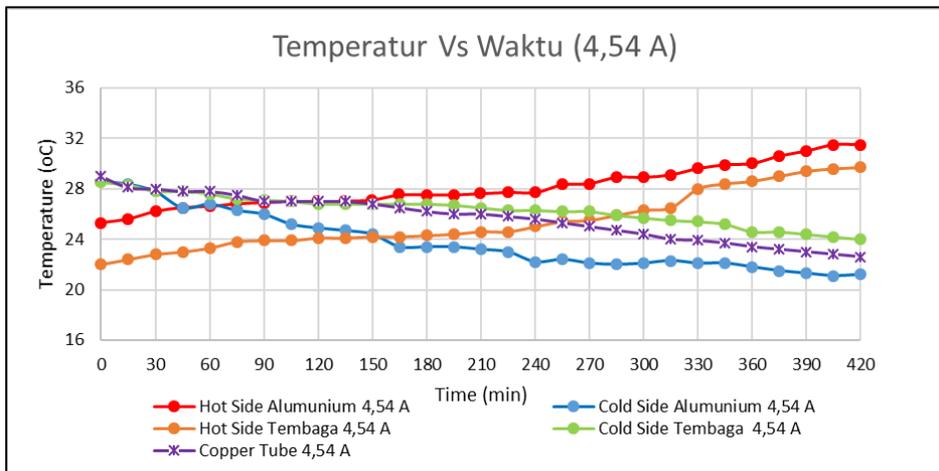
Dapat diketahui bahwa nilai COP yang paling besar adalah *thermoelectric cooler* dengan variasi arus masukan 4,54 A dikarenakan kalor pada sisi pendinginan lebih besar dibanding termoelektrik lain karena dengan rata-rata kelembapan relatif yang hampir sama hanya membutuhkan daya yang lebih kecil dibanding variasi yang lain yaitu 40,81 Watt. Perbandingan nilai COP pada arus masukan 4,54 A memiliki nilai COP rata-rata sebesar 1,7 lebih besar daripada nilai COP pada arus masukan yang lain.

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai COP semakin besar daya input yang maka nilai COP juga akan menurun seiring berjalannya waktu. Untuk memenuhi kebutuhan daya dari perangkat model penghasil air dari udara menggunakan thermoelectric cooler maka diperlukan sumber daya yang dapat mensuplai listrik selama perangkat model bekerja. Pada model dengan arus masukan 6,06 A diperlukan daya sebesar 72,713 Watt untuk satu *thermoelectric cooler* sedangkan dalam model ini menggunakan dua *thermoelectric cooler* dalam sekali percobaan maka dari itu dibutuhkan daya sebesar 145,426 W. Dari hal ini juga didapatkan bahwa kekurangan daripada teknologi peltier ini memiliki kinerja atau COP yang rendah jika dibanding dengan pendingin konvensional lain, yang artinya untuk mendinginkan suatu objek yang sama peltier ini membutuhkan energi yang jauh lebih besar.

4.4 Analisa Hasil Percobaan

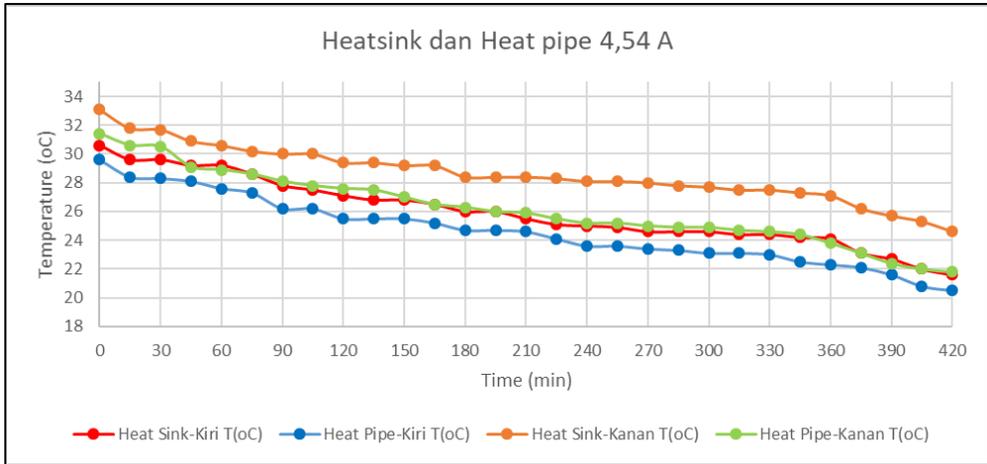
4.4.1 Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 4,54 A

Setelah dilakukan pengambilan data, maka data yang telah didapatkan tersebut diolah untuk mengetahui hasil dari sistem yang telah dirancang. Data yang dipergunakan dalam pembahasan ini adalah temperatur, kelembaban relatif (RH), tegangan dan arus listrik. Dalam pengambilan data dilakukan variasi arus listrik masukan secara paralel yaitu 4,54 A dan tegangan 9 V. Pengukuran dilakukan selama 420 menit dengan rentang pengambilan data 15 menit dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.



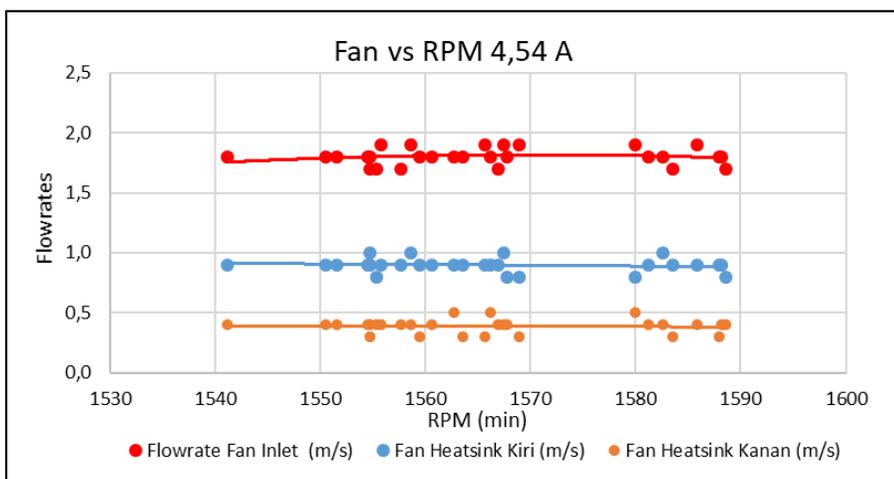
Grafik 4. 3 Hubungan Temperatur *Waterblock* Terhadap Waktu 4,54 A

Dari grafik 4.3 didapat perbandingan temperatur *waterblock* terhadap waktu pada tegangan 9V dan arus 4,54 A. Berdasarkan grafik diatas, pada *waterblock* berbahan aluminium memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada *waterblock* berbahan tembaga pada sisi panasnya. Hasilnya menunjukkan suhu sisi panas dari pendingin meningkat dengan meningkatnya arus input, karena semakin banyak penyerapan panas di sisi dingin TEC (di dalam ruang kondensasi), semakin banyak kalor yang dilepas di sisi panas dari TEC (di luar ruang kondensasi) sehingga temperatur di sisi panas akan naik. Temperatur lingkungan selama pengujian cenderung sama, sehingga tidak mempengaruhi temperatur yang dicapai di sisi panas pendingin dengan input arus yang berbeda.



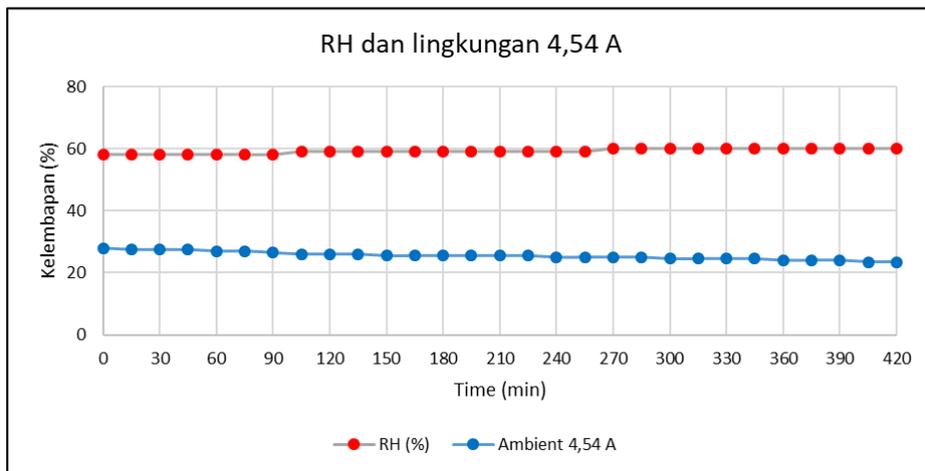
Grafik 4. 4 Hubungan Temperatur *Heatsink & Heat pipe* terhadap Waktu 4,54 A

Dari grafik 4.4 didapat perbandingan temperatur *heatsink & heat pipe* terhadap waktu. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa seiring berjalannya waktu temperatur daripada *heatsink* dan *heat pipe* akan semakin menurun baik itu *heatsink* kiri dengan 4 *heat pipe* maupun *heatsink* kanan 3 *heat pipe*. Hal ini dikarenakan *heatsink* merupakan media untuk pelepasan kalor daripada TEC yang dibantu dengan fan yang kemudian akan dibuang ke lingkungan. Dapat dilihat pula bahwa *heatsink* sisi kiri memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding sisi sebelah kanan dikarenakan pada fan *heatsink* sisi kiri ini memiliki flowrates yang lebih tinggi jika dibanding fan *heatsink* disisi kanan (grafik 4.5) yang menyebabkan pelepasan kalor disisi kanan kurang maksimal jika dibanding sisi kiri. Hal ini juga dipengaruhi oleh tegangan maupun arus masukan pada fan ini yang nantinya berengaruh terhadap RPM dari fan tersebut.



Grafik 4. 5 Flowrates terhadap RPM 4,54 A

Grafik 4.5 merupakan perbandingan flowrates terhadap RPM pada masing-masing fan yang terpasang pada perangkat AWG yaitu fan input, fan heatsink kiri dan fan heatsink kanan. Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada fan inlet memiliki flowrates paling besar dengan kisaran antara 1,6-1,9 m/s. Kemudian fan heatsink sisi kiri dengan rata-rata 0,8-1 m/s dan yang terakhir fan heatsink sisi kanan dengan rata-rata 0,3-0,5 m/s. Dengan rata-rata kondisi putaran 1540-1590 RPM yang didapat pada variasi arus 4,54 A dan tegangan 9 V. Kecepatan putaran dari fan input ini juga berpengaruh dalam proses kondensasi pada alat AWG, jika kecepatan putaran dari fan input terlalu cepat maka media kondensasi seperti *copper tube* dan *waterblock* yang berada didalam ruang kondensasi tidak dapat didinginkan dengan maksimal dan udara yang dihisap tadi akan langsung dikeluarkan melalui lubang-lubang udara disisi kiri dan kanan ruang kondensasi yang kemdian akan dibuang ke lingkungan dengan bantuan fan heatsink. Maka dari itu putaran daripada fan ini juga perlu diatur sedemikian rupa untuk memperoleh hasil yang paling optimal untuk mempercepat proses kondensasi.



Grafik 4. 6 Kelembapan terhadap Waktu 4,54 A

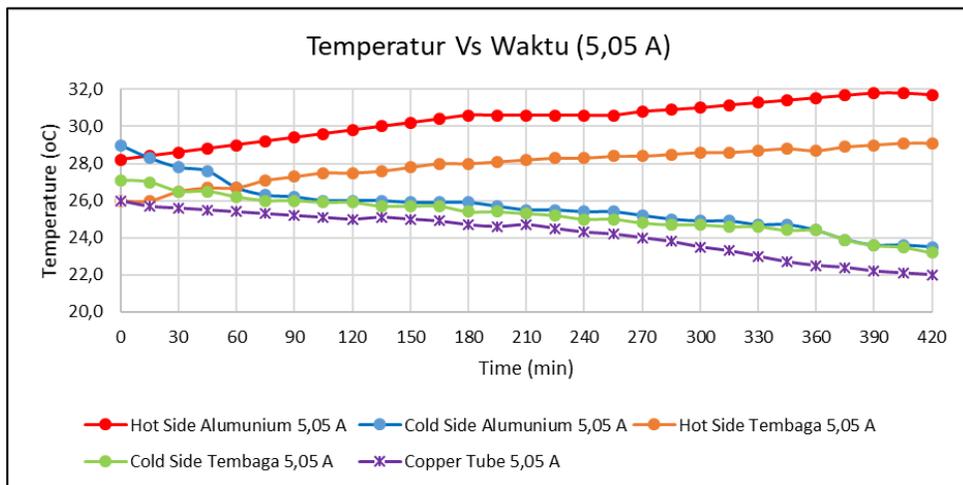
Grafik 4.6 merupakan perbandingan kelembapan udara (RH%) dan temperatur lingkungan T(°C) terhadap waktu pada tegangan 9V dan arus 4,54 A. Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa kelembapan relative udara cenderung stabil dan tidak megalami perubahan yang signifikan seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan karena temperatur pada lingkungan yang cenderung tidak mengalami perubahan secara signifikan terhadap waktu. Hal ini menyebabkan kapasitas air yang ada didalam udara juga kecil sehingga udara yang dapat dikonversi menjadi air juga sedikit.

Pada pengujian tegangan 9V dan arus 4,54 A ini diperoleh kapasitas air sebesar 16,5 ml. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa faktor pertama dari kecepatan fan inlet dan juga fan heatsink yang lebih kecil dibanding variasi lain yang membuat kapasitas udara yang dihisap lebih sedikit dan membuat pelepasan

kalor pada heatsink kurang sehingga membuat temperature heatsink meningkat dan membuat $\Delta T^{\circ}\text{C}$ yang besar dan membuat proses pendinginan di ruang kondensasi lama dan tidak efisien. Faktor berikutnya adalah menurunnya performa daripada *thermoelectric cooler*, sehingga proses kondensasi akan memiliki *idle* yang cukup lama untuk mengubah udara menjadi titik-titik embun pada pipa tembaga dalam ruang kondensasi *Atmospheric Water Generator* (AWG).

4.4.2 Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 5,05 A

Setelah dilakukan pengambilan data, maka data yang telah didapatkan tersebut diolah untuk mengetahui hasil dari sistem yang telah dirancang. Data yang dipergunakan dalam pembahasan ini adalah temperatur, kelembaban relatif (RH), tegangan dan arus listrik. Dalam pengambilan data dilakukan variasi arus listrik masukan secara paralel yaitu 5,05 A dan tegangan 10 V. Pengukuran dilakukan selama 420 menit dengan rentang pengambilan data 15 menit dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.

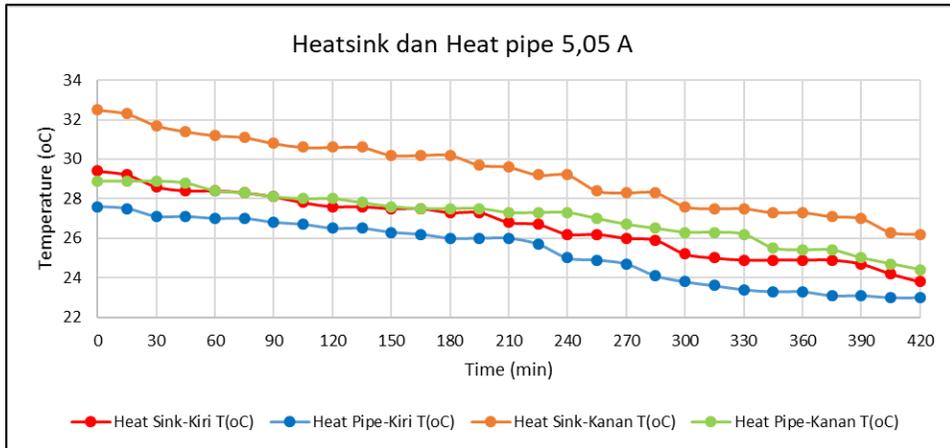


Grafik 4. 7 Temperatur *Waterblock* Terhadap Waktu 5,05 A

Dari grafik 4.7 didapat perbandingan temperatur *waterblock* terhadap waktu pada tegangan 10V dan arus 5,05 A. Berdasarkan grafik diatas, pada *waterblock* berbahan tembaga memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada *waterblock* berbahan aluminium pada sisi panasnya. Hal ini dikarenakan *waterblock* yang berbahan tembaga memiliki konduktivitas termal yang lebih baik daripada aluminium sehingga mampu melepaskan kalor lebih banyak dan menghasilkan ΔT yang lebih besar dibandingkan dengan *waterblock* aluminium.

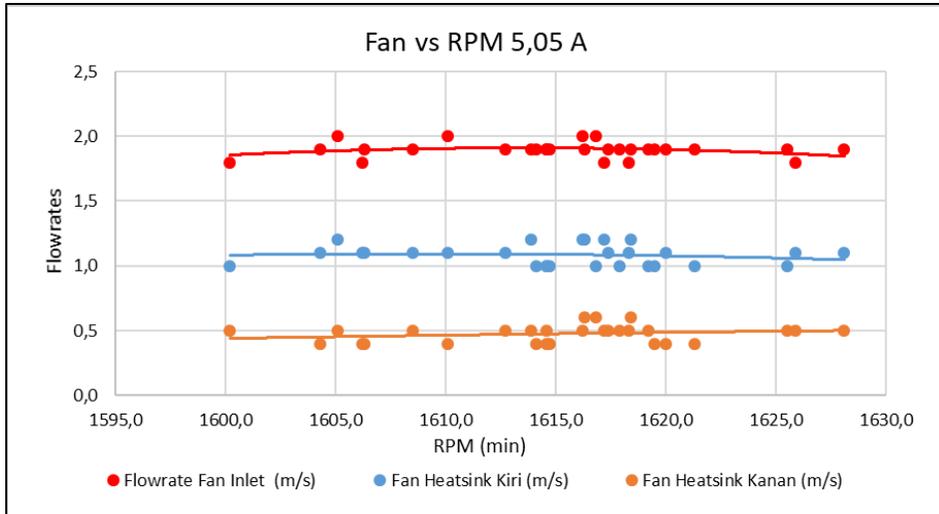
Sedangkan di bagian sisi dingin, *waterblock* berbahan tembaga memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding *waterblock* aluminium. Hal ini dikarenakan tembaga merupakan salah satu material yang cepat menghantarkan panas jika dibanding aluminium. Pengaruh oleh performa daripada *thermoelectric cooler* juga turut andil

dalam proses pelepasan kalor di sisi dingin dan panas *waterblock* dan juga mempengaruhi temperatur daripada copper tube yang berfungsi sebagai media terbentuknya titik-titik embun pada alat AWG. Hal ini menyebabkan proses kondensasi kurang optimal dan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai temperatur minimal pengembunan uap air dan berakibat pada kapasitas air yang didapat akan sedikit.



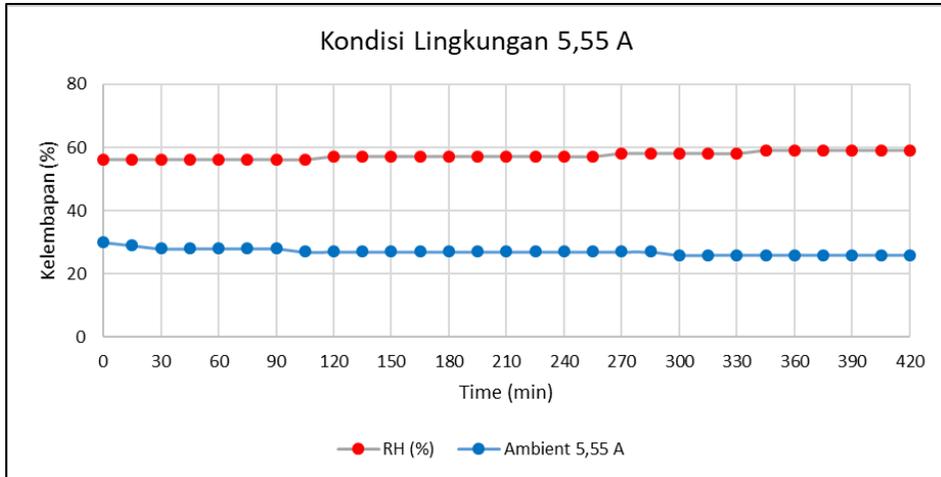
Grafik 4. 8 Heatsink dan Heat pipe terhadap Waktu 5,05 A

Dari grafik 4.8 didapat perbandingan temperatur *heatsink & heat pipe* terhadap waktu pada tegangan 10 V dan arus 5,05 A. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa seiring berjalannya waktu temperatur daripada *heatsink* dan *heat pipe* akan semakin menurun baik itu *heatsink* kiri dengan 4 *heat pipe* maupun *heatsink* kanan 3 *heat pipe*. Hal ini dikarenakan *heatsink* merupakan media untuk pelepasan kalor daripada TEC yang dibantu dengan fan yang kemudian akan dibuang ke lingkungan. Dapat dilihat pula bahwa *heatsink* sisi kiri memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding sisi sebelah kanan dikarenakan pada fan *heatsink* sisi kiri ini memiliki flowrates yang lebih tinggi jika dibanding fan *heatsink* disisi kanan (grafik 4.9) yang menyebabkan pelepasan kalor disisi kanan kurang maksimal jika dibanding sisi kiri. Hal ini juga dipengaruhi oleh tegangan maupun arus masukan pada fan ini yang nantinya berengaruh terhadap RPM dari fan tersebut.



Grafik 4. 9 Flowrates terhadap RPM 5,05 A

Grafik 4.9 merupakan perbandingan flowrates terhadap RPM pada masing-masing fan yang terpasang pada perangkat AWG yaitu fan input, fan heatsink kiri dan fan heatsink kanan. Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada fan inlet memiliki flowrates paling besar dengan kisaran antara 1,8-2 m/s. Kemudian fan heatsink sisi kiri dengan rata-rata 1-1,2 m/s dan yang terakhir fan heatsink sisi kanan dengan rata-rata 0,4-0,6 m/s. Dengan rata-rata kondisi putaran 1600-1630 RPM yang didapat pada variasi arus 5,05 A dan tegangan 10 V. Kecepatan putaran dari fan input ini juga berpengaruh dalam proses kondensasi pada alat AWG, jika kecepatan putaran dari fan input terlalu cepat maka media kondensasi seperti copper tube dan *waterblock* yang berada didalam ruang kondensasi tidak dapat didinginkan dengan maksimal dan udara yang dihisap tadi akan langsung dikeluarkan melalui lubang-lubang udara disisi kiri dan kanan ruang kondensasi yang kemudian akan dibuang ke lingkungan dengan bantuan fan heatsink. Maka dari itu putaran daripada fan ini juga perlu diatur sedemikian rupa untuk memperoleh hasil yang paling optimal untuk mempercepat proses kondensasi.



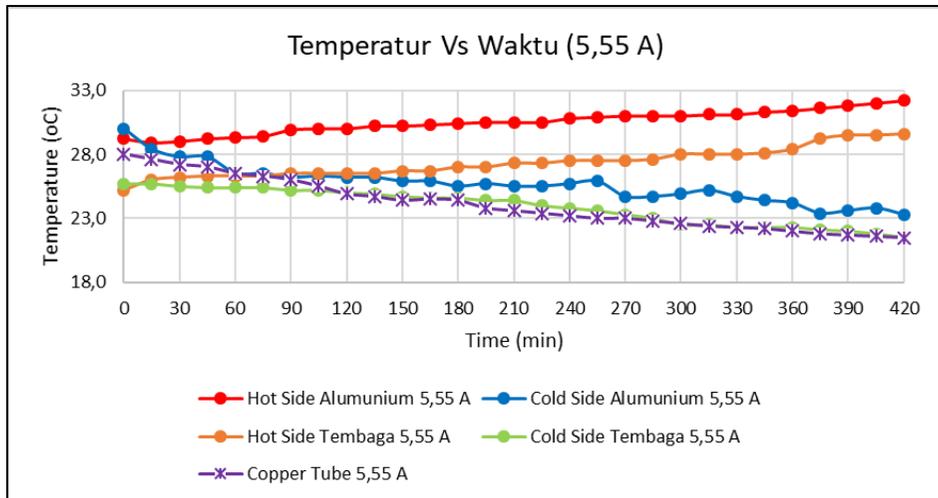
Grafik 4.10 Kelembapan terhadap Waktu 5,05 A

Grafik 4.10 merupakan perbandingan kelembapan udara (RH%) dan temperatur lingkungan $T(^{\circ}\text{C})$ terhadap waktu pada tegangan 10V dan arus 5,05 A. Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa kelembapan relative udara cenderung stabil dan tidak megalami perubahan yang signifikan seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan karena temperatur pada lingkungan yang cenderung tidak mengalami perubahan secara signifikan terhadap waktu. Hal ini menyebabkan kapasitas air yang ada didalam udara juga kecil sehingga udara yang dapat dikonversi menjadi air juga sedikit..

Pada pengujian tegangan 10V dan arus 5,05 A ini diperoleh kapasitas air sebesar 24 ml. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa faktor pertama dari kecepatan fan inlet dan juga fan heatsink yang lebih kecil dibanding variasi lain yang membuat kapasitas udara yang dihisap lebih sedikit dan membuat pelepasan kalor pada heatsink kurang sehingga membuat temperature heatsink meningkat dan membuat $\Delta T^{\circ}\text{C}$ yang besar dan membuat proses pendinginan di ruang kondensasi lama dan tidak efisien. Faktor berikutnya adalah menurunnya performa daripada *thermoelectric cooler*, sehingga proses kondensasi akan memiliki *idle* yang cukup lama untuk mengubah udara menjadi titik-titik embun pada pipa tembaga dalam ruang kondensasi *Atmospheric Water Generator (AWG)*.

4.4.3 Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 5,55 A

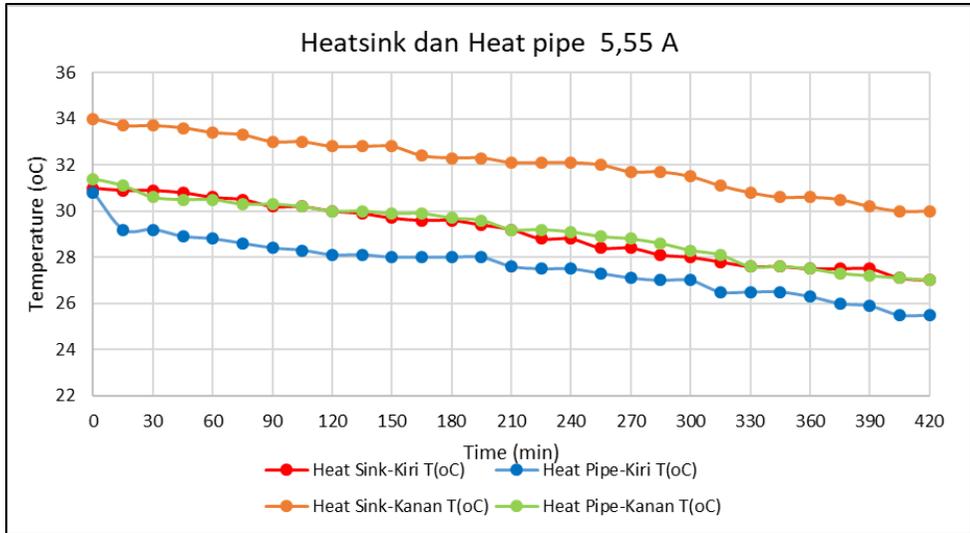
Setelah dilakukan pengambilan data, maka data yang telah didapatkan tersebut diolah untuk mengetahui hasil dari sistem yang telah dirancang. Data yang dipergunakan dalam pembahasan ini adalah temperatur, kelembapan relatif (RH), tegangan dan arus listrik. Dalam pengambilan data dilakukan variasi arus listrik masukan secara paralel yaitu 5,55 A dan tegangan 11 V. Pengukuran dilakukan selama 420 menit dengan rentang pengambilan data 15 menit dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.



Grafik 4. 11 Temperatur *Waterblock* Terhadap Waktu 5,55 A

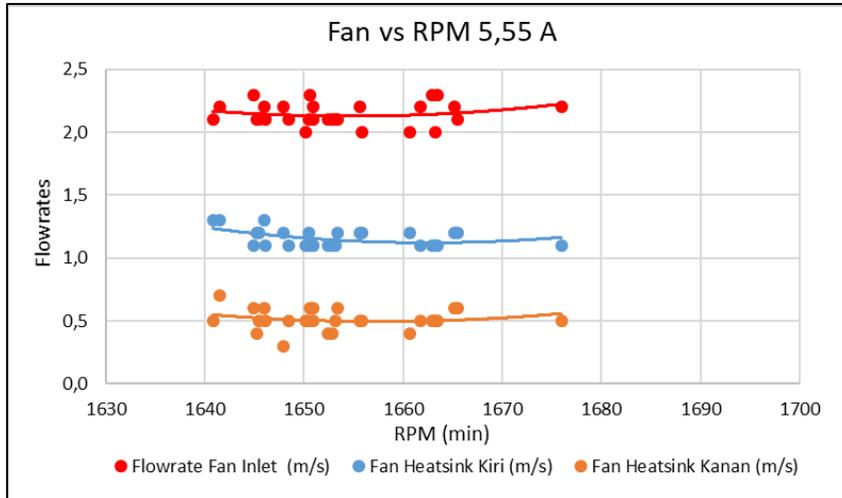
Dari grafik 4.11 didapat perbandingan temperatur *waterblock* terhadap waktu pada tegangan 11V dan arus 5,55 A. Berdasarkan grafik diatas, pada *waterblock* berbahan aluminium memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada *waterblock* berbahan tembaga pada sisi panasnya. Hal ini dikarenakan *waterblock* yang berbahan tembaga memiliki konduktivitas termal yang lebih baik daripada aluminium sehingga mampu melepaskan kalor lebih banyak dan menghasilkan ΔT yang lebih besar dibandingkan dengan *waterblock* aluminium.

Sedangkan di bagian sisi dingin, *waterblock* berbahan aluminium memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding *waterblock* tembaga. Hal ini dikarenakan tembaga merupakan salah satu material yang cepat menghantarkan panas tapi disatu sisi lambat dalam melepaskan panas jika dibanding aluminium. Pengaruh oleh performa daripada *thermoelectric cooler* juga turut andil dalam proses pelepasan kalor di sisi dingin dan panas *waterblock* dan juga mempengaruhi temperatur daripada *copper tube* yang berfungsi sebagai media terbentuknya titik-titik embun pada alat AWG. Hal ini menyebabkan proses kondensasi kurang optimal dan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai temperatur minimal pengembunan uap air dan berakibat pada kapasitas air yang didapat akan sedikit.



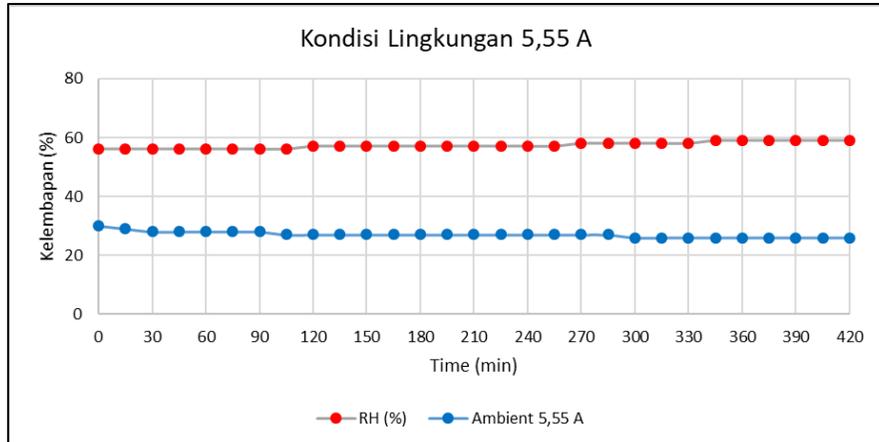
Grafik 4.12 Heatsink terhadap Waktu 5,55 A

Dari grafik 4.12 didapat perbandingan temperatur *heatsink* & *heat pipe* terhadap waktu pada tegangan 11 V dan arus 5,55 A. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa seiring berjalannya waktu temperatur daripada *heatsink* dan *heat pipe* akan semakin menurun baik itu *heatsink* kiri dengan 4 *heat pipe* maupun *heatsink* kanan 3 *heat pipe*. Hal ini dikarenakan *heatsink* merupakan media untuk pelepasan kalor daripada TEC yang dibantu dengan fan yang kemudian akan dibuang ke lingkungan. Dapat dilihat pula bahwa *heatsink* sisi kiri memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding sisi sebelah kanan dikarenakan pada fan *heatsink* sisi kiri ini memiliki flowrates yang lebih tinggi jika dibanding fan *heatsink* disisi kanan (grafik 4.13) yang menyebabkan pelepasan kalor disisi kanan kurang maksimal jika dibanding sisi kiri. Hal ini juga dipengaruhi oleh tegangan maupun arus masukan pada fan ini yang nantinya berengaruh terhadap RPM dari fan tersebut.



Grafik 4.13 Flowrates terhadap RPM 5,55 A

Grafik 4.13 merupakan perbandingan flowrates terhadap RPM pada masing-masing fan yang terpasang pada perangkat AWG yaitu fan input, fan heatsink kiri dan fan heatsink kanan. Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada fan inlet memiliki flowrates paling besar dengan kisaran antara 2-2,5 m/s. Kemudian fan heatsink sisi kiri dengan rata-rata 1-1,5 m/s dan yang terakhir fan heatsink sisi kanan dengan rata-rata 0,4-0,6 m/s. Dengan rata-rata kondisi putaran 1640-1680 RPM yang didapat pada variasi arus 5,55 A dan tegangan 11 V. Kecepatan putaran dari fan input ini juga berpengaruh dalam proses kondensasi pada alat AWG, jika kecepatan putaran dari fan input terlalu cepat maka media kondensasi seperti copper tube dan *waterblock* yang berada didalam ruang kondensasi tidak dapat didinginkan dengan maksimal dan udara yang dihisap tadi akan langsung dikeluarkan melalui lubang-lubang udara disisi kiri dan kanan ruang kondensasi yang kemudian akan dibuang ke lingkungan dengan bantuan fan heatsink. Maka dari itu putaran daripada fan ini juga perlu diatur sedemikian rupa untuk memperoleh hasil yang paling optimal untuk mempercepat proses kondensasi.



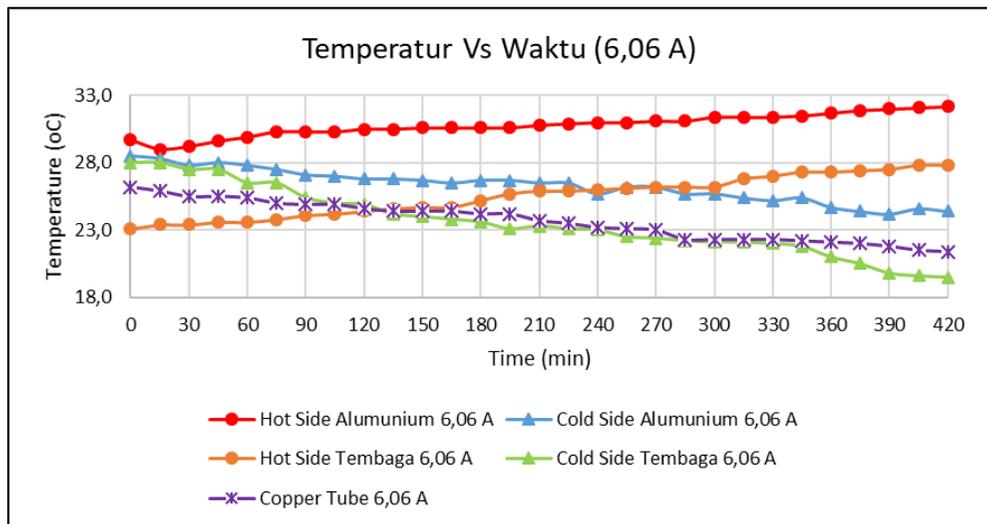
Grafik 4.14 Kelembapan terhadap Waktu 5,55 A

Grafik 4.14 merupakan perbandingan kelembapan udara (RH%) dan temperatur lingkungan $T(^{\circ}\text{C})$ terhadap waktu pada tegangan 11V dan arus 5,55 A. Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa kelembapan relative udara cenderung stabil dan tidak megalami perubahan yang signifikan seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan karena temperatur pada lingkungan yang cenderung tidak mengalami perubahan secara signifikan terhadap waktu. Hal ini menyebabkan kapasitas air yang ada didalam udara juga kecil sehingga udara yang dapat dikonversi menjadi air juga sedikit..

Pada pengujian tegangan 11V dan arus 5,55 A ini diperoleh kapasitas air sebesar 37,1 ml. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa faktor pertama dari kecepatan fan inlet dan juga fan heatsink yang lebih besar dibanding variasi 4,54 A dan 5,05 A yang membuat kapasitas udara yang dihisap lebih banyak dan membuat pelepasan kalor pada heatsink kurang sehingga membuat temperature heatsink meningkat dan membuat $\Delta T^{\circ}\text{C}$ yang besar dan membuat proses pendinginan di ruang kondensasi lama dan tidak efisien. Faktor berikutnya adalah menurunnya performa daripada *thermoelectric cooler*, sehingga proses kondensasi akan memiliki *idle* yang cukup lama untuk mengubah udara menjadi titik-titik embun pada pipa tembaga dalam ruang kondensasi *Atmospheric Water Generator (AWG)*.

4.4.4 Percobaan AWG Dengan Variasi Arus Masukan 6,06 A

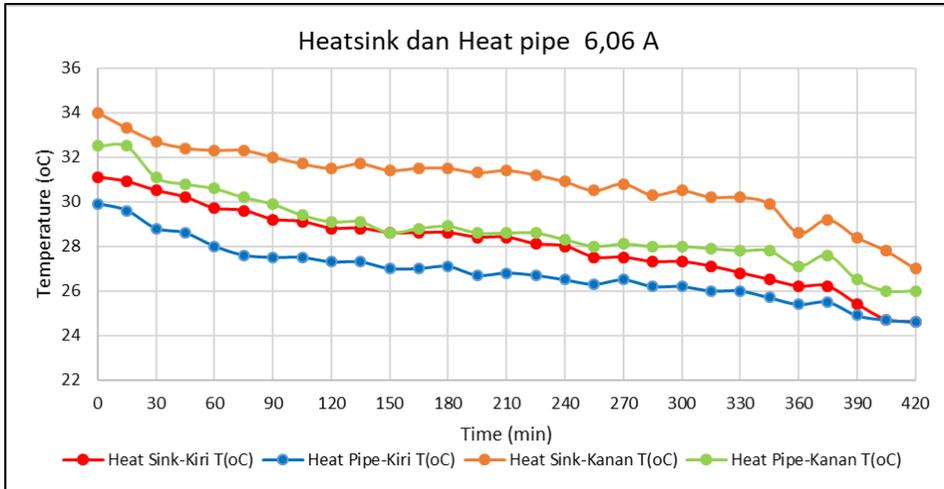
Setelah dilakukan pengambilan data, maka data yang telah didapatkan tersebut diolah untuk mengetahui hasil dari sistem yang telah dirancang. Data yang dipergunakan dalam pembahasan ini adalah temperatur, kelembaban relatif (RH), tegangan dan arus listrik. Dalam pengambilan data dilakukan variasi arus listrik masukan secara paralel yaitu 6,06 A dan tegangan 12 V. Pengukuran dilakukan selama 420 menit dengan rentang pengambilan data 15 menit dan hasil pengukuran diambil nilai rata-ratanya.



Grafik 4. 15 Temperatur *Waterblock* Terhadap Waktu 6,06 A

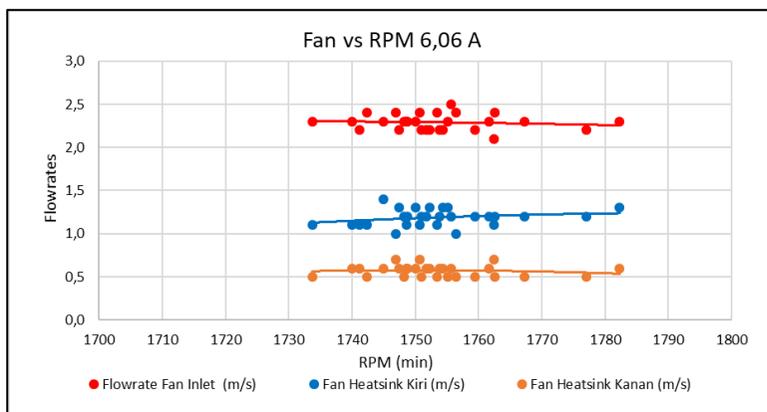
Dari grafik 4.15 didapat perbandingan temperatur *waterblock* terhadap waktu pada tegangan 12V dan arus 6,06 A. Berdasarkan grafik diatas, pada *waterblock* berbahan aluminium memiliki temperatur yang lebih tinggi daripada *waterblock* berbahan tembaga pada sisi panasnya. Hal ini dikarenakan *waterblock* yang berbahan tembaga memiliki konduktivitas termal yang lebih baik daripada aluminium sehingga mampu melepaskan kalor lebih banyak dan menghasilkan temperatur yang lebih rendah dibanding aluminium.

Sedangkan di bagian sisi dingin, *waterblock* berbahan aluminium memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding *waterblock* tembaga. Hal ini dikarenakan tembaga merupakan salah satu material yang cepat menghantarkan panas tapi disatu sisi lambat dalam melepaskan panas jika dibanding aluminium. Pengaruh oleh performa daripada *thermoelectric cooler* juga turut andil dalam proses pelepasan kalor di sisi dingin dan panas *waterblock* dan juga mempengaruhi temperatur daripada *copper tube* yang berfungsi sebagai media terbentuknya titik-titik embun pada alat AWG. Hal ini menyebabkan proses kondensasi kurang optimal dan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai temperatur minimal pengembunan uap air dan berakibat pada kapasitas air yang didapat akan sedikit.



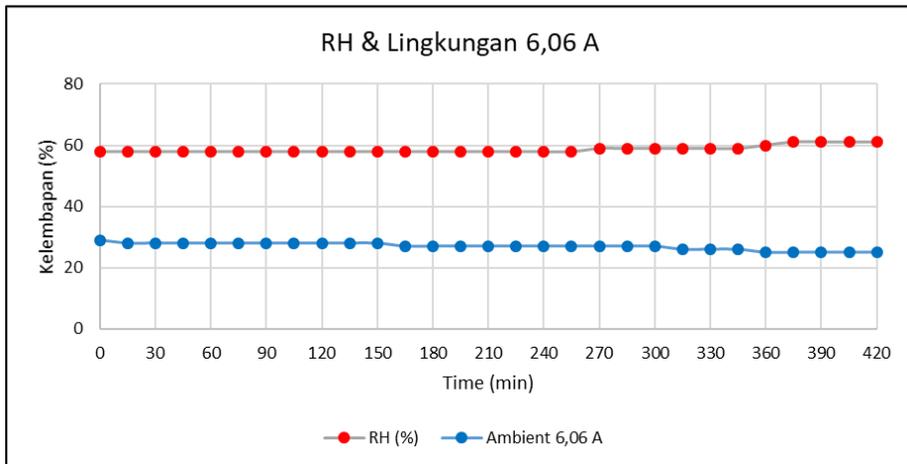
Grafik 4. 16 Heatsink & Heat pipe terhadap Waktu 6,06 A

Dari grafik 4.16 didapat perbandingan temperatur *heatsink & heat pipe* terhadap waktu pada tegangan 12 V dan arus 6,06 A. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa seiring berjalannya waktu temperatur daripada *heatsink* dan *heat pipe* akan semakin menurun baik itu *heatsink* kiri dengan 4 *heat pipe* maupun *heatsink* kanan 3 *heat pipe*. Hal ini dikarenakan *heatsink* merupakan media untuk pelepasan kalor daripada TEC yang dibantu dengan fan yang kemudian akan dibuang ke lingkungan. Dapat dilihat pula bahwa *heatsink* sisi kiri memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding sisi sebelah kanan dikarenakan pada fan *heatsink* sisi kiri ini memiliki flowrates yang lebih tinggi jika dibanding fan *heatsink* disisi kanan (grafik 4.17) yang menyebabkan pelepasan kalor disisi kanan kurang maksimal jika dibanding sisi kiri. Hal ini juga dipengaruhi oleh tegangan maupun arus masukan pada fan ini yang nantinya berengaruh terhadap RPM dari fan tersebut.



Grafik 4. 17 Flowrates terhadap RPM 6,06 A

Grafik 4.17 merupakan perbandingan flowrates terhadap RPM pada masing-masing fan yang terpasang pada perangkat AWG yaitu fan input, fan heatsink kiri dan fan heatsink kanan. Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa pada fan inlet memiliki flowrates paling besar dengan kisaran antara 2,2-2,5 m/s. Kemudian fan heatsink sisi kiri dengan rata-rata 1-1,5 m/s dan yang terakhir fan heatsink sisi kanan dengan rata-rata 0,5-0,7 m/s. Dengan rata-rata kondisi putaran 1730-1780 RPM yang didapat pada variasi arus 6,06 A dan tegangan 12 V. Kecepatan putaran dari fan input ini juga berpengaruh dalam proses kondensasi pada alat AWG, jika kecepatan putaran dari fan input terlalu cepat maka media kondensasi seperti *copper tube* dan *waterblock* yang berada didalam ruang kondensasi tidak dapat didinginkan dengan maksimal dan udara yang dihisap tadi akan langsung dikeluarkan melalui lubang-lubang udara disisi kiri dan kanan ruang kondensasi yang kemdian akan dibuang ke lingkungan dengan bantuan fan heatsink. Maka dari itu putaran daripada fan ini juga perlu diatur sedemikian rupa untuk memperoleh hasil yang paling optimal untuk mempercepat proses kondensasi.



Grafik 4. 18 Kelembapan terhadap Waktu pada 6,06 A

Grafik 4.18 merupakan perbandingan kelembapan udara (RH%) dan temperatur lingkungan T(°C) terhadap waktu pada tegangan 12V dan arus 6,06 A. Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa kelembapan relative udara cenderung stabil dan tidak megalami perubahan yang signifikan seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan karena temperatur pada lingkungan yang cenderung tidak mengalami perubahan secara signifikan terhadap waktu. Hal ini menyebabkan kapasitas air yang ada didalam udara juga kecil sehingga udara yang dapat dikonversi menjadi air juga sedikit..

Pada pengujian tegangan 12V dan arus 6,06 A ini diperoleh kapasitas air sebesar 37,5 ml. Hal ini terjadi dikarenakan beberapa faktor pertama dari kecepatan fan inlet dan juga fan heatsink yang lebih besar dibanding variasi yang lain hal ini yang membuat kapasitas udara yang dihisap lebih banyak dan membuat pelepasan

kalor pada heatsink kurang sehingga membuat temperature heatsink meningkat dan membuat $\Delta T^{\circ}\text{C}$ yang besar dan membuat proses pendinginan di ruang kondensasi lama dan tidak efisien. Faktor berikutnya adalah menurunnya performa daripada *thermoelectric cooler*, sehingga proses kondensasi akan memiliki *idle* yang cukup lama untuk mengubah udara menjadi titik-titik embun pada pipa tembaga dalam ruang kondensasi *Atmospheric Water Generator* (AWG).

4.5 Analisa Performa Model AWG

Berdasarkan data percobaan yang diperoleh pada saat percobaan berlangsung pada 4 variasi arus masukan 4,54 A; 5,05 A; 5,55 A; dan 6,06 A didapatkan variasi arus masukan yang paling optimal adalah variasi dengan arus masukan 6,06 A yang menghasilkan air 37,5 ml selama 7 jam percobaan. Kondisi RH rata-rata 57-59% dan temperatur lingkungan 24-27 $^{\circ}\text{C}$, dengan *dew point temperature* atau temperatur pengembunan sebesar 22 $^{\circ}\text{C}$. Dengan luas permukaan yang 115 cm^2 didapatkan pula temperatur pipa tembaga sebesar 23,7 $^{\circ}\text{C}$ dengan perbedaan temperatur yang hanya 1,3 $^{\circ}\text{C}$ terhadap *waterblock* sisi dingin. Dengan perbedaan temperatur yang kecil ini membuat pengembunan tidak terjadi secara optimal dan membutuhkan waktu yang lama sampai akhirnya timbul titik-titik air.

Hal ini terjadi karena perpindahan panas daripada *waterblock* ke sisi panas dan heatsink kurang baik sehingga ΔT yang terjadi kecil. Maka dari itu perlunya pengaplikasian *thermal paste* yang sesuai antara *waterblock* dan *thermoelectric coolers* agar perpindahan panas berlangsung optimal. Kemudian pengaruh daripada kecepatan putaran *fan inlet* yang terlalu cepat juga berakibat lamanya waktu pengembunan yang berlangsung diakibatkan udara yang dihembuskan langsung keluar melalui lubang-lubang ventilasi disisi kiri dan kanan AWG, Oleh sebab itu perlunya pengaturan kecepatan fan yang sesuai sehingga udara yang dihembuskan kedalam ruang kondensasi dapat diubah menjadi titi-titik embun dengan optimal dan udara tidak cepat terbuang ke lingkungan. Disamping itu faktor lain yang mempengaruhi adalah debit pompa yang berfungsi mensirkulasikan *coolant* dalam pipa tembaga, dalam percobaan yang telah dilakukan bahwasanya semakin besar tegangan putaran akan semakin tinggi pula debit pompa yang akan mempengaruhi proses kondensasi. Dikarenakan pada saat pompa beroperasi pada tegangan tinggi akan menghasilkan temperatur yang besar dan debit yang tinggi sehingga temperatur *waterblock* tidak dapat turun dan mendinginkan pipa tembaga sebagai media terjadinya titik-titik embun. Maka dari itu perlunya pengaturan tegangan atau arus yang optimal untuk pompa dapat bekerja mensirkulasi cairan pada pipa tembaga sehingga mampu menghasilkan air tawar yang lebih banyak dengan waktu yang singkat.

4.6 Perhitungan Prosentase Air yang Dapat Diambil dari Udara

Perhitungan presentase air berguna untuk mengetahui tingkat air yang dapat dihasilkan oleh alat AWG. Presentase akan dinyatakan dalam bentuk persen (%) dimana hasil tersebut akan menunjukkan peforma dari setiap model. Perhitungan mengambil sampel pada model 4. Berikut merupakan beberapa data untuk mencari presentase air :

$$\begin{aligned} \text{pair} &= 1 \text{ gr} / [\text{cm}]^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ ton/m}^3 \\ \text{pudara} &= 1.2 \text{ kg/m}^3 = 0.0012 \text{ gr}(\text{cm}^3) \end{aligned}$$

1 CFM = 28.32 l/min

Tabel 4. 3 Data kelembapan dan Volume air

Model	Tlingkungan (°C)	RH (%)	Volume Air (ml)
Variasi 4,54 A	25,4	57	16,5 $\text{ml}/7\text{jam}$
Variasi 5,05 A	24	59	24 $\text{ml}/7\text{jam}$
Variasi 5,55 A	27,2	57	37,1 $\text{ml}/7\text{jam}$
Variasi 6,06 A	29	59	37,5 $\text{ml}/7\text{jam}$

Rata-rata relative humidity = 59%
Rata-rata humidity ratio = 13,3 gr/kg
Kecepatan udara = 20 CFM
= 566,4 L/min
Massa udara yang dihisap kipas = $(0,5664 \times 1,2)$ kg/min
= 0,67968 kg/min
Kapasitas air dalam udara = 13,3 gr/kg (dari psikometri) x 0,67968 kg/min
= 9,03974 gr/min
= 9,03974 ml/min
= $(9,03974 \times 60)$ ml/jam
Kapasitas air yang didapat = 542,38 ml/jam
Presentase air yang terkumpul = $(5,35 / 542,38)$ ml/jam x 100%
= 0,986%

Tabel 4. 4 Hasil perhitungan presentase air alat AWG

Model	Tlingk (°C)	RH (%)	Vair (ml/jam)	v fan (m^3/min)	m udara (yang dihisap fan)	Kapasitas air dalam udara	Presentase air (%)
Variasi 4,54 A	25,4	57	2,36	0.5664	0.67968	383	0,616
Variasi 5,05 A	24	59	3,43	0.5664	0.67968	448,56	0,764
Variasi 5,55 A	27,2	57	5,30	0.5664	0.67968	534,22	0,984
Variasi 6,06 A	27	59	5,35	0.5664	0.67968	542,38	0,986

Berdasarkan tabel 4.4 presentase air yang didapat akan meningkat seiring meningkatnya variasi arus masukan pada alat AWG. Presentase air paling optimal didapat pada variasi 6,06 A pada kondisi lingkungan 27 °C dan RH 59% dengan presentase sebesar 0,986 % lebih besar dibanding variasi arus masukan yang lain.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil percobaan yang telah dilakukan oleh penulis terkait studi analisi pengaruh variasi arus masukan terhadap jumlah air tawar yang dapat dihasilkan pada *Atmospheric Water Generator (AWG)* di *Lifeboat*, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Variasi arus masukan yang paling banyak untuk menghasilkan air tawar pada perangkat *Atmospheric Water Generator (AWG)* adalah 6,06 Ampere dengan kebutuhan daya sebesar 72,712 Watt sebesar 37,5 ml selama 7 jam pengujian dengan 2 buah TEC1-12706
2. Semakin besar arus masukan pada perangkat dapat menghasilkan air tawar yang semakin besar akan tetapi harus melihat batasan daripada spesifikasi komponen TEC1-12706 sebagai komponen utama.
3. Arus masukan 6,06 A mempengaruhi performa pompa dan *fan inlet* menjadi tidak optimal karena debit pompa dan kecepatan fan yang terlalu cepat sehingga proses pendinginan berjalan kurang optimal
4. Untuk nilai COP dari *thermoelectric coolers* paling besar didapat dari variasi arus masukan 4,54 A karena dengan kelembapan relatif yang cenderung sama hanya membutuhkan daya sebesar 40,81 Watt untuk proses pendinginan.

5.2 Saran

Dengan selesainya tugas akhir ini bukan berarti tugas akhir ini terselesaikan dengan sempurna. Untuk pengembangan dan penyempurnaan tugas akhir ini, maka diberikan saran untuk pengembangan tugas akhir selanjutnya, saran yang diberikan sebagai berikut :

1. Karena efisiensi pendinginan termoelektrik yang kecil dengan kebutuhan daya yang besar, dalam aplikasinya lebih efisien untuk penggunaan skala kecil.
2. Dalam pemasangan termoelektrik perlu digunakan *thermal paste* yang sesuai agar komponen benar-benar menempel atau terhimpit antara *heatsink* dan *coldsink*, agar perpindahan panas berlangsung dengan baik, sehingga proses pendinginan lebih maksimal.
3. Thermoelectric cooler yang digunakan pada tugas akhir ini hanya 1 macam, perlu dilakukan percobaan dengan melakukan beberapa variasi jenis thermoelectric cooler.
4. Pengaturan debit pompa dan juga kecepatan fan perlu disesuaikan agar mendapat hasil yang paling optimal untuk menghasilkan AWG dengan *idle time* yang singkat untuk mendapatkan air.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya Nandy, Sharmi Saha, Souradeep Ganguly, Sharmistha Chattopadhyay. "A Project on Atmospheric Water Generator with the Concept of Peltier Effect", International Journal of Advanced Computer Research, Vol. 4 No. 2, June 2014.
- Alaoui, C. 2011. Peltier Thermoelectric Modules Modeling and Evaluation. International Journal of Engineering. 5:114-121.
- Asdak, Chay. 2007. *Hidrologi*. Yogyakarta: UGM Press.
- Bajaj, S. S., Barhatte, S. H. and Bhong. S. U. 2016. Performance Enhancement of Refrigeration System Using Peltier Module. International Journal of Current Engineering and Technology (Special Issue). 4:33-37.
- Barry, M. M., Agbim, K. A. and Chyu. M.K. 2015. Performance of a Thermoelectric Device with Integrated Heat Exchangers. Journal of Electronic Materials. 44:1394-1401.
- Camargo, J. R. and Oliveira. M. C. C. 2011. Principles of Direct Thermoelectric Conversion, Dr. Amimul Ahsan (Ed.). Heat Analysis and Thermodynamic Effects. InTech., Croatia:93-106.
- Filippeschi, S., Latrofa, E. and Salvadori, G. 2006. Periodic Two-Phase Heat Transfer Coefficient in Thermoelectric Cooling Mini Evaporator. Int. J. of Low Carbon Technologies. 1:298-314.
- He, W., Zhang, G., Zhang, X., Ji, J., Li., G and Zhao. X. 2015. Review: Recent Development and Application of Thermoelectric Generator and Cooler. Applied Energy. 143:1-25.
- HoSung, Lee. 2010. Thermal Design, Heat Sinks, Thermoelectrics, Heat Pipes, Compact Heat Exchangers, and Solar Cells.
- Ima Maysha, Bambang Trisno, Hasbullah. (2013). *Pemanfaatan Tenaga Surya Menggunakan Rancangan Panel Surya Berbasis Transistor 2N3055 Dan Thermoelectric Cooler*. Program Studi Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
- International Maritime Organization*. 2004. *Safety of Life at Sea (SOLAS)*. Consolidated Edition. Fourth edition
- Kurniawan, Yudhy dan Setiyawan, Aa, (2015). *Rancang Bangun Dehumidifier Portable Berbasis Termoelektrik Dengan Variasi Arus Listrik Masukan*.
- Lakitan, Benyamin. 1994. *Dasar-Dasar Klimatologi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Lukman, Nulhakim. 2015. *Uji Unjuk Kerja Pendingin Ruangan Berbasis Thermoelectric Cooling*. Teknik Mesin Polteknik Engineering Indorama.

- Mainil, Afdhal Kurniawan., Aziz, Azridjal., Akmal, M. 2018. *Portable Thermoelectric Cooler Box performance with Variation of Input Power and Cooling Load*. Aceh International Journal of Science and Technology.
- Mahan, G. D. 2016. Introduction to thermoelectric. APL Material. 4: 104806-1- 1048067.
- Rahman,P., Yudha Agus. *Sistem Pendingin Hybrid Thermoelectric Cooler Dan Phase Change Material (PCM) Pada Coolbox* : Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS.
- R. Umboh, J. O. Wuwung, E. Kendek Allo., & B. S. Narasiang. (2017). *Perancangan Alat Pendinginan Menggunakan Elemen Peltier Portable*.
- Robert, S. (1996). *Solar Electricity, A Partial Guide to Desingning and Installing Small Photovoltaic System*
- S. Haidar, I. Issac, T. Singleton. "Thermoelectric Cooling Using Peltier Cells in Cascade", Edmonton,University of Alberta, 2011.
- Setiyawan, Darwin. 2017. *Eksperimen Penghasil Air Tawar Dari Udara Menggunakan Thermoelectric Cooler Untuk Kebutuhan Air Minum Di Lifeboat* : Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS.
- Shansan Liu, Wei He, Dengyun Hu, Song Lv, Delu Chen, Xin Wu, Fusuo Xu, Sijia Li. 2017. *Experimental Analysis of a Portable Atmospheric Water Generator by Thermoelectric Cooling Method*. 9th International Conference on Applied Energy.
- Sharma, S., Dwivedi, V.K and Pandit, S.N. 2014. A Review of Thermoelectric Devices for Cooling Applications. International Journal of Green Energy. 11:899-909.
- V. P. Joshi, V. S. Joshi, H. A. Kothari, M. D. Mahajan, M. B. Chaudhari, K. D. Sant. "Experimental Investigations on a Portable Fresh Water Generator Using a Thermoelectric Cooler", Energy Procedia, Vol. 109, pp. 161-166, Elsevier, 2017
- Vadi, S. and Kulkarni, VV. 2015. Performance Analysis of Thermoelectric cooler. Discovery.46:7-12.
- World Health Organization*. 2013.. *Technical Notes on Drinking Water Sanitation and Hygiene in Emergencies*.
- Yang, R., Chen, G., Kumar, A. R., Snyder, G. J. and Fleurial, J. P. Transient Cooling of Thermoelectric Coolers and Its Applications for Microdevices. 2005. Energy Conversion and Management. 46;1407-1421.
- Zhao, D and Tan, G. 2014. A Review of Thermoelectric Cooling: Materials, Modeling and Applications. Applied Thermal Engineering. 66:15-24.

LAMPIRAN

➤ Spesifikasi *Thermoelectric Cooler*



Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.

Thermoelectric
Cooler

TEC1-12706

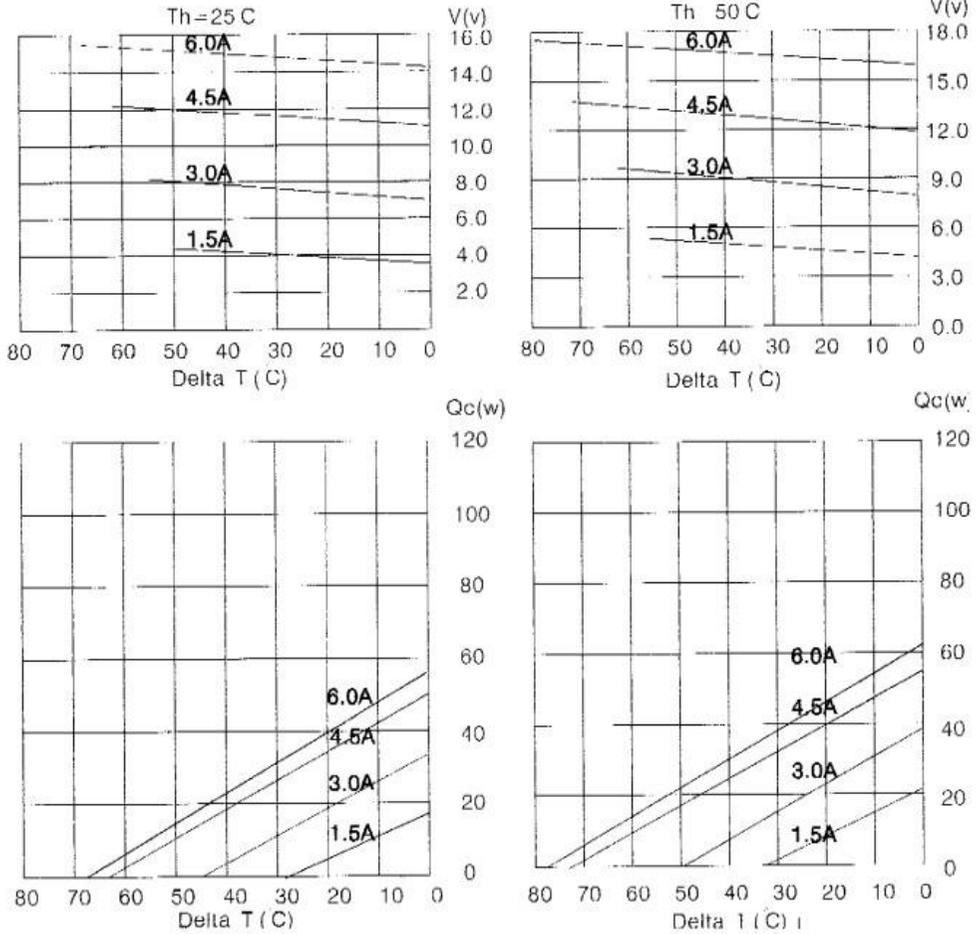
Performance Specifications

Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



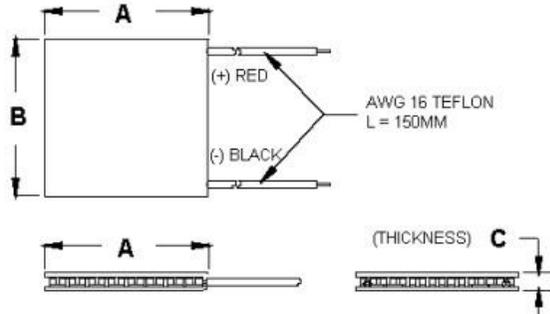


Performance curves:





TEC1-12706



Ceramic Material: Alumina (Al_2O_3)
 Solder Construction: 138°C, Bismuth Tin (BiSn)

Size table:

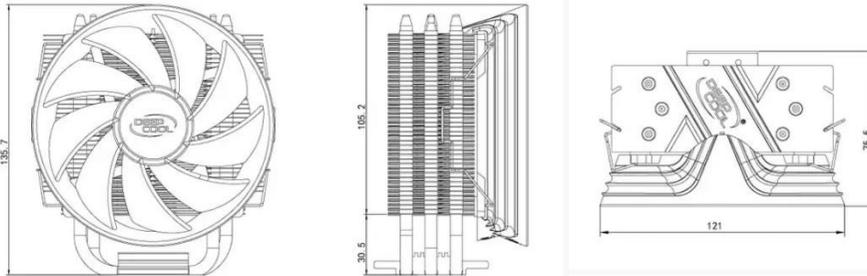
A	B	C			
40	40	3.9			

Operating Tips

- Max. Operating Temperature: 138°C
- Do not exceed I_{max} or V_{max} when operating module.
- Life expectancy: 200,000 hours
- Please consult HB for moisture protection options (sealing).
- Failure rate based on long time testings: 0.2%.

➤ **Spesifikasi Heatsink Aluminium (3 Heatpipe)**

Product Dimension

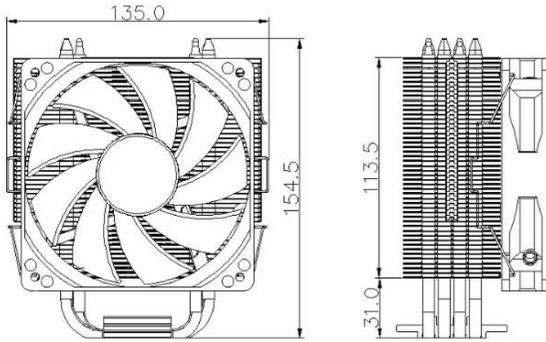


Technical Spec

Overall Dimension	121X75.5X135.7mm
Fan Dimension	Φ120X25mm
Net Weight	429g
Bearing Type	Hydro Bearing
Rated Voltage	12VDC
Operating Voltage	10.8 ~ 13.2VDC
Started Voltage	7VDC
Rated Current	0.13±10%A(MAX)
Power Input	1.56W
Fan Speed	900±150 ~ 1600±10%RPM
Max. Air Flow	55.50CFM
Noise	17.8~21dB(A)
EAN	6933412708124
P/N	DP-MCH3-GMX300

➤ **Heatsink Aluminium (4 Heatpipe)**

Product Dimension



Technical Spec

Overall Dimension	135X80X154.5mm
Fan Dimension	120X120X25mm
Net Weight	602g
Bearing Type	Hydro Bearing
Rated Voltage	12VDC
Operating Voltage	10.8 ~ 13.2VDC
Started Voltage	7VDC
Rated Current	0.19±10%A(MAX)
Power Input	2.28W
Fan Speed	900±150~1500±10%RPM
Max. Air Flow	74.34CFM
Noise	17.8~30dB(A)
EAN	6933412725992
P/N	DP-MCH4-GMX400RD

➤ Spesifikasi Panel Surya



P19
285 - 295 W

QUALITY SIGNED AND SEALED
    

60 | 35 mm | up to 18.0 %
cells | frame | efficiency



PID FREE
PID tested with excellent results
under the harshest conditions



CRAFTED WITH PASSION



25 YEARS LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



CONSTANTLY HIGH CELL QUALITY
through strict quality examinations
by highresolution electroluminescence
and infrared measurements



12 YEARS PRODUCT WARRANTY



Made in Germany

aleo solar module P19

ELECTRICAL DATA (STC)		P19_285	P19_290	P19_295	BASIC MODULE DATA	
Rated power	P_{MPP} [W]	285	290	295	Length x width x height	[mm] 1660 x 990 x 35
Rated voltage	V_{MPP} [V]	31.3	31.3	31.3	Weight	[kg] 19
Rated current	I_{MPP} [A]	9.10	9.25	9.42	Number of cells	60
Open-circuit voltage	V_{OC} [V]	39.2	39.3	39.3	Cell size	[mm] 156.75 x 156.75
Short-circuit current	I_{SC} [A]	9.73	9.80	9.87	Cell material	Monocrystalline Si
Efficiency	η [%]	17.3	17.6	18.0	Front sheet	Solar glass (TSG)
Electrical values measured under standard test conditions (STC): 1000 W/m ² , 25°C, AM 1.5					Back sheet	Polymer sheet, white
					Frame material	Al alloy, silver
ELECTRICAL DATA (NOCT)		P19_285	P19_290	P19_295	CERTIFICATIONS AND WARRANTY	
Power	P_{MPP} [W]	208	212	215	Product Guarantee	12 years
Voltage	V_{MPP} [V]	28.4	28.4	28.4	Power Guarantee	25 years - Linear
Current	I_{MPP} [A]	7.33	7.45	7.59	Fire Resistance	Class C
Open-circuit voltage	V_{OC} [V]	36.1	36.2	36.2	Protection Against Electric Shock	III
Short-circuit current	I_{SC} [A]	7.87	7.93	7.99	Certifications	<ul style="list-style-type: none"> § IEC 61215, IEC 61730-1/-2 § IEC 62716 - Ammonia Resistance § IEC 61701 - Salt mist Resistance § IEC 62804 - PID Resistance § MCS 010; MCS 005
Efficiency	η [%]	15.8	16.1	16.4		
Electrical values measured under nominal operating conditions of cells: 800 W/m ² , 20°C, AM 1.5, wind 1 m/s					LOADS	
NOCT: 48°C (nominal operating cell temperature)					Max. module pressure load	[Pa] 5400*
					Max. module suction load	[Pa] 2400*
					Max. system voltage	[V _{DC}] 1000
					Reverse current load	I_{sc} [A] 20
					Mechanical load acc. to IEC/EN 61215	
					* Please observe the mounting conditions in the installation manual	
TEMPERATURE COEFFICIENTS						ADDITIONAL ELECTRICAL DATA
Temperature coefficient I_{SC}	$\alpha (I_{SC})$ [%/K]		+0.05	Reduction of STC efficiency from 1000 W/m ² to 200 W/m ²		[%] rel. < 2
Temperature coefficient V_{OC}	$\beta (V_{OC})$ [%/K]		-0.29	Classification range (positive classification)		[W] 0/+4.99
Temperature coefficient P_{MPP}	$\gamma (P_{MPP})$ [%/K]		-0.40			
BASIC DATA JUNCTION BOX						PERFORMANCE GUARANTEE
Length x width x height	[mm]	148 x 123 x 27		Graph (%)		
IP class		IP67		Year		
Cable length	[mm]	1200 (+), 800 (-)				
Connectors		PV-JMs01				
Bypass diodes		3				
Measurement tolerance of P_{MPP} under STC -3/+3% Accuracy of other electrical values -10/+10% Efficiency relating to gross module area					<ul style="list-style-type: none"> ○ aleo linear guarantee ● traditional step guarantee 	
DIMENSIONS [MM]						PLEASE CONTACT YOUR AUTHORISED ALEO DEALER

Detailed information about our warranties is available on our website | Subject to change without notice | Errors and omissions excepted | EN | 09/2016 | P19 285-295 W
 © aleo solar GmbH | Gewerbegebiet Nord | Marius-Enksen-Straße 1 | 17291 Prenzlau | Germany

➤ Spesifikasi MPPT



MPPT Solar Charge Controller

Tracer A series



Tracer A series adopts common positive design and advanced MPPT control algorithm. The products can track the MPP point fast and accurately in any situation which will improve energy efficiency and obtain the maximum solar energy.



Models :

- Tracer1210A 10A, 12/24V auto work
- Tracer2210A 20A, 12/24V auto work
- Tracer3210A 30A, 12/24V auto work
- Tracer4210A 40A, 12/24V auto work

Features :

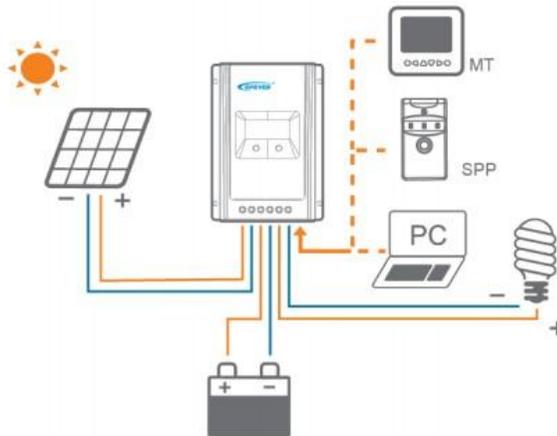
- Advanced MPPT technology
- High tracking efficiency no less than 99.5%
- Peak conversion efficiency of 98%
- Ultra-fast tracking speed
- Accurately recognizing and tracking of multiple power point
- Multi-function LCD displays system information intuitively
- User programmable for battery types, load control etc.
- 3-Stage charge with PWM output
- Common positive grounding design
- RS485 port with industrial standard MODBUS open architecture
- Fully programmable function via PC software or remote meter

Electronic protections:

- PV reverse polarity protection
- PV over current alarm protection
- Battery over discharge protection
- Load short circuit protection
- Overheating protection
- PV short circuit protection
- Battery overcharge protection
- Battery reverse polarity protection
- Load overload protection

Load Set:

- Manual Control (ON/OFF)
- Light ON/OFF (Default)
- Light ON + Timer
- Time Control



Setting Operation:

There are two methods that can modify load mode and control parameter through infrared interface:

1. Remote meter, MT50
2. Super Parameter Programmer, SPP-02
This method can realize one-key setting operation which is suitable for bulk quantity products setting or applied in the projects.
3. PC monitoring setting software "Solar Station Monitor"



Optional accessories :

Remote meter MT50	Remote temperature sensor RTS300R47K3.81A	PC communication cable CC-USB-RS485-150U	Super parameter programmer SPP-02

PC software:





Technical Specifications:

Model	Tracer1210A	Tracer2210A	Tracer3210A	Tracer4210A
Nominal system voltage	12/24VDC auto work			
Rated charge current	10A	20A	30A	40A
Rated discharge current	10A	20A	30A	40A
Battery input voltage range	8~32V			
Max. PV open circuit voltage	100V(at minimum operating environment temperature) 92V(at 25 °C environment temperature)			
MPP voltage range	$V_{BAT}+2V \sim 72V$			
Max. PV input power	130W(12V) 260W(24V)	260W(12V) 520W(24V)	390W(12V) 780W(24V)	520W(12V) 1040W(24V)
Equalize charging voltage	Sealed: 14.6V, Flooded: 14.8V			
Boost charging voltage	Gel: 14.2V, Sealed: 14.6V, Flooded: 14.8V			
Float charging voltage	13.8V			
Low voltage reconnect voltage	12.6V			
Low voltage disconnect voltage	11.1V			
Self-consumption	$\leq 20mA/12V; \leq 16mA/24V$			
Temperature compensation coefficient	$-3mV/^\circ C/2V(25^\circ C)$			
Working temperature	$-25^\circ C \sim +45^\circ C$			
Enclosure	IP30			
Overall dimension	172x139x44mm	220x154x52mm	228x164x55mm	252x180x63mm
Power terminals	12AWG(4mm ²)	6AWG(16mm ²)	6AWG(16mm ²)	6AWG(16mm ²)
Net weight	0.6kg	1.1kg	1.2kg	1.9kg



BEIJING EPSOLAR TECHNOLOGY CO.,LTD.
Add: BLDG #18, CO.PARK ,NO.8 HEYING
ROAD,CHANGPING DISTRICT,BEIJING,CHINA
Tel: 010-82894962 / 82894112
Fax: 010-82894882
E-mail: info@epsolarpv.com

www.epsolarpv.com

➤ Spesifikasi Baterai

Starting & Deep Cycle Marine Batteries Starting & Deep Cycle RV Batteries



955 Todd Avenue Azusa, CA 91702 | Tel. 626-969-6886 | Fax 626-969-8566



[Lifeline Home](#)



[Marine Batteries](#)



[RV Batteries](#)



[Racing Batteries](#)



[OEMs & Pro Users](#)

[Lifeline Battery Distributors](#)

[Lifeline Technical Manual](#)

Lifeline 6 Volt Battery.....stronger & longer life. -

O.H., North Carolina USA ---> [Add Your Quote here](#) [See more Lifeline Battery Satisfied User Quotes](#)

AGM Deep Cycle RV Batteries From Lifeline Battery Corporation

- [RV Battery Main](#)
- [Deep Cycle RV Battery Specifications](#)
- [Starting RV Battery Specifications](#)
- [RV Battery Sizing Calculator DC-DC](#)
- [RV Battery Sizing Calculator AC-DC](#)
- [RV Battery Distributors](#)
- [RV Battery Manual](#)



[Material Safety Data Sheet](#)

DEEP CYCLE MARINE BATTERY APPLICATIONS

[Click here to view Starting RV Batteries](#)

To get to specific rv battery information click on the part number.

[Click to get specific terminal information for all Lifeline RV batteries](#)

[PRINT THIS PAGE](#)

Lifeline Battery Part Number	Volts	RV Battery Dimensions			Weight lb - kg	Cold Cranking Amps			Rated Cap. Amp. Hrs 20 Hr Rate	Minutes of Discharge						
		Length in mm	Width in mm	Height in mm		68° F	32° F	0° F		25 Amps	15 Amps	8 Amps				
GPL-U1T 	12v	7.71	195.90	5.18	132.00	6.89	175.00	24.00	10.90	325	275	215	33	50	93	185
GPL-24T 	12v	11.13	282.70	6.60	167.60	9.25	234.80	56.00	25.50	800	680	550	80	149	259	524
GPL-27T 	12v	13.09	332.50	6.60	167.60	9.25	234.80	65.00	29.50	845	715	575	100	186	324	655
GPL-31T 	12v	12.90	327.80	6.75	171.30	9.27	235.50	69.00	31.40	880	750	600	105	195	340	688
GPL-30HT 	12v	13.46	342.00	6.77	172.00	11.95	304.00	96.00	43.50	1000	850	700	150	315	555	1120

GPL-4DA		12v	20.76	527.40	8.70	221.00	8.63	219.10	135.00	61.20	1595	1360	1100	210	390	680	1375
GPL-4DL		12v	20.76	527.40	8.70	221.00	8.63	219.10	135.00	61.20	1595	1360	1100	210	390	680	1375
GPL-8DA		12v	20.76	527.30	10.89	276.60	8.60	218.40	162.00	73.60	1975	1675	1350	255	475	825	1670
GPL-8DL		12v	20.76	527.30	10.89	276.60	8.60	218.40	162.00	73.60	1975	1675	1350	255	475	825	1670
GPL-4CT		6v	10.28	261.10	7.06	179.30	9.92	252.00	66.00	30.00	1095	925	750	220	492	856	1692
GPL-6CT		6v	10.28	261.00	7.06	179.30	12.94	329.00	90.00	40.80	1150	1025	925	300	692	1200	2205
GPL-L16T		6v	11.64	296.00	6.95	177.00	15.73	399.00	119.00	54.00	1975	1675	1350	400	950	1625	3195
GPL-L16T-2V		2v	11.64	296.00	6.95	177.00	15.73	399.00	119.00	54.00	5332	4552	3645	1200	2850	4875	9585
GPL-31T-2V		2v	12.90	327.80	6.75	171.30	9.27	235.50	69.00	31.40	4752	4050	3240	630	1170	2040	4128
GPL-4CT-2V		2v	10.28	261.10	7.06	179.30	9.92	252.00	66.00	30.00	2950	2500	2025	660	1476	2568	5076
GPL-6CT-2V		2v	10.28	261.00	7.06	179.30	12.94	329.00	90.00	40.80	3100	2750	2500	900	2076	3600	6615

Lifeline Battery Terminal Types

Part Number	Terminal Types
GPL-24T, GPL2400T, GPL27T, GPL-2700T, GPL-31T, GPL-3100T	Marine Terminal (Copper Alloy) Pos Terminal=M10 & Neg Terminal =M8
GPL-4DL, GPL-8DL	L-Blade Terminal (Solid Copper) w/M8 Hardware
GPL-4DA, GPL-8DA	A- SAE Post Automotive (Lead Alloy)
GPL-4CT, GPL-6CT, GPL-1400T	M8 Threaded Insert (Copper Alloy)
GPL-U1T	M6 Threaded Insert (Copper Alloy)

Spesifikasi Lifeboat

Specification of Freefall Lifeboat CFL-C66E



1. GENERAL

1.1 The lifeboat is built in compliance with latest SOLAS regulation and LSA code. It is made by fire retardant glass reinforced plastic (FRP) material with self-righting features.

1.2 Evaluation, Testing and Approval

Hull NO.	10560
Classification	BV/CR
Flag	PANAMA
Certification	MED

1.3 Shop Test

The following tests except launching tests for individual boats have already been effected at the factory:

- visual inspection
- speed and maneuverability test
- function test of other equipment
- Hook release mechanism test
- inventory check of fixed & loose equipment
- water spray test *(for tanker version only)*
- air supply test *(for tanker version only)*

2. PRINCIPAL PARTICULARS

2.1 Main dimensions

Length of hull	6.73 m
Breadth	2.70 m
Registered Height	1.21 m
Max. Height	3.35 m
Max. Freefall Certified Height	23 m

2.2 Number of persons Max. 25 persons

2.4 Weight

Standard Boat with equipment(included fuel oil)	3700 kgs
Persons	2063kgs
Full loaded	5763 kgs

Remark: Basic weight for boat fully equipped but without persons. For launching weight incl. Persons add 82.5 kg for each person. This is a standard specification. Deviations due to certifying authority or technical advance are possible.

Specification of Freefall Lifeboat CFL-C66E



3.28 Fuel tank

Made of aluminium and fitted in hull inner liner under floor. Ventilation to the outside, filling connection and inspection cover provided. Easy access to fuel valve. Possibility for draining water. Fuel tank capacity sufficient for more than 24 working hours at 6 knots.

3.29 Shaft plant

Propeller shaft is made of stainless steel with bronze bearings. Shaft plant can run dry 5 minutes when boat is on trackway.

3.30 Propeller

Propeller is designed of special execution to run in rudder nozzle.

3.31 Engine

Water-cooled boat diesel engine with reverse and reduction gear. A minimum speed of 6 knots is guaranteed.

Engine starting electrically with two independent batteries.

Engine fixed mounted to GRP engine foundation.

Item	Model	3JH30A	
Manufacturer		Yanmar, Japan	
Type		Vertical, water-cooled, 4-cycle	
Continuous rated output		30hp / 2900RPM	
No. of Cylinders		3	
Dimension (LxBxH)		863 x 470 x 710 mm	
Electric System		12V x 1.5HP (1.1kW) start motor 14V – 50Amp, 700W alternator	
Cooling System		Keel cooling (fresh water)	
Exhaust Type		Dry Exhaust	
Propeller Reduction Gear Ratio		FWD 2.360 / REV 3.160	
Fuel oil consumption		6.2 Litres/hour	
Dry Weight		190 kgs	
Starting system		Dual Electric Starting	
Fuel oil	Capacity in total	195 liters for 24 hours continuous operation at a specified speed.	
	Quality	BS 2869, Class A, Equivalent to JIS K2204 no.3	
Lub oil	Capacity	Engine	7.0 liters
		reduction gear	0.35 liters
	API service ranking		CC or CD
	SAE viscosity number		SAE 15W40 Multi Grade
Propeller Shaft		Stainless Steel	
Propeller		High strength brass	

3.32 Cooling system

One closed cooling circuit going through keel-pipes. Cooling system filled with anti-freezer. Thus, when freezing no draining in the boat is requested.

➤ Data Hasil Percobaan Variasi 1

Percobaan Arus 4,54 A dan Tegangan 9 Volt																
Duration	Flowrate Fan Inlet (m/s)	RH (%)	Ambient 4,54 A	Condensation Chamber 4,54 A	Waterblock T(°C)				Heat Sink Kiri T(°C)	Heat Sink-Kanan T(°C)	Heat Pipe-Kiri T(°C)	Heat Pipe-Kanan T(°C)	Fan Heatsink Kiri (m/s)	Fan Heatsink Kanan T(°C)	Copper Tube 4,54 A	RPM
					Hot Side Tembaga 4,54	Hot Side Aluminium 4,54	Cold Side Tembaga 4,54	Cold Side Aluminium 4,54 A								
0	0	58	28,0	24,2	22,0	25,3	28,5	28,6	30,6	33,1	29,5	31,4	0	0	29	0
15	1,8	58	27,5	22,8	22,4	25,6	28,3	28,4	29,6	31,8	28,4	30,6	0,9	0,5	28,1	1563
30	1,8	58	27,5	22,4	22,8	26,2	27,8	27,8	29,6	31,7	28,3	30,5	0,9	0,5	28	1566
45	1,8	58	27,5	22,2	23,0	26,5	27,8	26,5	29,2	30,9	28,1	29,1	0,9	0,4	27,8	1541
60	1,8	58	27,0	21,9	23,3	26,6	27,6	26,8	29,2	30,6	27,6	28,9	0,9	0,4	27,8	1561
75	1,9	58	27,0	21,6	23,8	26,8	27,2	26,3	28,6	30,2	27,3	28,6	0,9	0,4	27,5	1556
90	1,9	58	26,5	21,4	23,9	26,9	27,1	26,0	27,8	30,0	26,2	28,1	0,9	0,3	27	1566
105	1,7	59	26,0	21,3	23,9	27,0	27	25,2	27,5	30,0	26,2	27,8	0,8	0,4	27	1589
120	1,8	59	26,0	21,0	24,1	27,0	26,8	24,9	27,1	29,4	25,5	27,6	1,0	0,4	27	1583
135	1,8	59	26,0	20,6	24,1	27,0	26,8	24,7	26,8	29,4	25,5	27,5	0,9	0,3	27	1588
150	1,9	59	25,5	20,5	24,2	27,1	26,8	24,4	26,8	29,2	25,5	27,0	0,9	0,4	26,8	1586
165	1,7	59	25,5	20,6	24,2	27,5	26,8	23,4	26,5	29,2	25,2	26,5	0,9	0,3	26,5	1584
180	1,9	59	25,5	20,2	24,3	27,5	26,8	23,4	26,0	28,4	24,7	26,3	1,0	0,4	26,2	1559
195	1,8	59	25,5	20,3	24,4	27,5	26,7	23,4	26,0	28,4	24,7	26,0	0,8	0,4	26	1568
210	1,9	59	25,5	20,4	24,6	27,6	26,5	23,2	25,5	28,4	24,6	25,9	0,8	0,3	26	1569
225	1,7	59	25,5	20,5	24,6	27,7	26,3	23,0	25,1	28,3	24,1	25,5	0,8	0,4	25,8	1555
240	1,8	59	25,0	20,4	25,0	27,7	28,3	22,2	25,0	28,1	23,6	25,2	0,9	0,3	25,6	1564
255	1,7	59	25,0	20,4	25,4	28,3	26,2	22,4	24,9	28,1	23,6	25,2	0,9	0,4	25,3	1558
270	1,8	60	25,0	20,3	25,5	28,4	26,2	22,1	24,6	28,0	23,4	25,0	0,9	0,3	25	1560
285	1,8	60	25,0	19,9	25,9	28,9	25,9	22,0	24,6	27,8	23,3	24,9	1	0,4	24,7	1581
300	1,8	60	24,5	19,9	26,3	28,9	25,7	22,1	24,6	27,7	23,1	24,9	0,9	0,4	24,4	1555
315	1,7	60	24,5	19,8	26,5	29,1	25,5	22,3	24,4	27,5	23,1	24,7	1	0,3	24	1555
330	1,7	60	24,5	19,9	28,0	29,6	25,4	22,1	24,4	27,5	23,0	24,6	0,9	0,4	23,9	1567
345	1,8	60	24,5	19,9	28,4	29,9	25,2	22,1	24,2	27,3	22,5	24,4	0,9	0,4	23,7	1588
360	1,9	60	24,0	19,4	28,6	30,0	24,6	21,8	24,1	27,1	22,3	23,8	1	0,4	23,4	1567
375	1,9	60	24,0	19,4	29,0	30,6	24,6	21,5	23,1	26,2	22,1	23,1	0,8	0,5	23,2	1580
390	1,8	60	24,0	19,2	29,4	31,0	24,4	21,3	22,7	25,7	21,6	22,4	0,9	0,4	23	1555
405	1,8	60	23,5	18,8	29,6	31,5	24,2	21,1	22,0	25,3	20,8	22,0	0,9	0,4	22,8	1551
420	1,8	60	23,5	18,8	29,7	31,5	24	21,2	21,6	24,6	20,5	21,8	1	0,4	22,6	1552



Hasil Variasi 4,54 Ampere (16,5 ml)

➤ Data Hasil Percobaan Variasi 2

Percobaan Arus 5,05 A dan Tegangan 10 Volt																
Duration	Flowrate Fan Inlet (m/s)	RH (%)	Ambient 5,05 A	Condensation Chamber 5,05 A	Waterblock T(°C)				Heat Sink Kiri T(°C)	Heat Sink-Kanan T(°C)	Heat Pipe-Kiri T(°C)	Heat Pipe-Kanan T(°C)	Fan Heatsink Kiri (m/s)	Fan Heatsink Kanan	Copper Tube 5,05 A	RPM
					Hot Side Tembaga 5,05	Hot Side Aluminium 5,05	Cold Side Tembaga 5,05 A	Cold Side Aluminium 5,05 A								
0	0	57	26	26,4	26,0	27,1	27,1	29	29,4	32,5	27,6	28,9	0,0	0,0	26	0,0
15	2	57	26	24,3	26,3	27,1	27	28,3	29,2	32,3	27,5	28,9	1,0	0,6	25,7	1616,8
30	1,9	57	26	22,9	26,5	27,1	26,5	27,8	28,6	31,7	27,1	28,9	1,1	0,5	25,6	1608,5
45	1,9	57	26	22,2	26,7	27,2	26,5	27,6	28,4	31,4	27,1	28,8	1,0	0,4	25,5	1614,7
60	1,9	57	25	21,8	26,7	27,2	26,2	26,7	28,4	31,2	27,0	28,4	1,1	0,4	25,4	1606,3
75	1,8	57	25	21,2	27,1	27,2	26	26,3	28,3	31,1	27,0	28,3	1,0	0,5	25,3	1600,2
90	1,9	57	25	20,8	27,3	27,3	26	26,2	28,1	30,8	26,8	28,1	1,0	0,5	25,2	1625,5
105	1,9	58	25	20,6	27,5	27,3	25,9	26	27,8	30,6	26,7	28	1,2	0,5	25,1	1613,9
120	1,9	58	25	20,5	27,5	27,4	25,9	26	27,6	30,6	26,5	28	1,0	0,5	25	1617,9
135	1,9	58	25	20,7	27,6	27,5	25,7	26	27,6	30,6	26,5	27,8	1,0	0,5	25,1	1614,6
150	1,8	58	25	20,6	27,8	27,7	25,7	25,9	27,5	30,2	26,3	27,6	1,2	0,5	25	1617,2
165	1,9	58	24,5	20,5	28	27,5	25,7	25,9	27,5	30,2	26,2	27,5	1,1	0,4	24,9	1604,3
180	1,9	58	24	20,4	28,1	27,8	25,4	25,9	27,3	30,2	26	27,5	1,2	0,6	24,7	1618,4
195	1,9	59	24	20,4	28,3	27,8	25,4	25,7	27,3	29,7	26,0	27,5	1	0,4	24,6	1614,1
210	1,9	59	24	20,4	28,3	28	25,3	25,5	26,8	29,6	26,0	27,3	1,0	0,5	24,7	1619,2
225	1,8	59	24	20,0	28,3	27,8	25,2	25,5	26,7	29,2	25,7	27,3	1,1	0,5	24,5	1618,3
240	1,8	59	24	19,6	28,3	28	25	25,4	26,2	29,2	25,0	27,3	1,1	0,4	24,3	1606,2
255	1,9	59	24	19,6	28,4	28	25	25,4	26,2	28,4	24,9	27	1,0	0,4	24,2	1619,5
270	2	59	23	19,7	28,4	28,1	24,8	25,2	26	28,3	24,7	26,7	1,2	0,5	24	1605,1
285	1,9	60	23	19,8	28,6	28,1	24,7	25	25,9	28,3	24,1	26,5	1,0	0,4	23,8	1614,6
300	1,9	60	23	19,9	28,6	28,1	24,7	24,9	25,2	27,6	23,8	26,3	1,0	0,4	23,5	1621,3
315	1,8	60	23	19,4	28,8	28,1	24,6	24,9	25	27,5	23,6	26,3	1,1	0,5	23,3	1625,9
330	1,9	60	23	19,1	28,9	28,3	24,6	24,7	24,9	27,5	23,4	26,2	1,1	0,5	23	1628,1
345	1,9	61	22,5	18,5	28,9	28,4	24,4	24,7	24,9	27,3	23,3	25,5	1,2	0,6	22,7	1616,3
360	2	61	22,5	18,8	29,1	28,4	24,4	24,4	24,9	27,3	23,3	25,4	1,2	0,5	22,5	1616,2
375	2	61	22,5	18,8	29,3	29	23,9	23,9	24,9	27,1	23,1	25,4	1,1	0,4	22,4	1610,1
390	1,9	61	22,5	18,4	29,4	29,1	23,6	23,6	24,7	27	23,1	25	1,1	0,5	22,2	1617,4
405	1,9	61	22	18,1	29,5	29,9	23,5	23,6	24,2	26,3	23,0	24,7	1,1	0,4	22,1	1620,0
420	1,9	61	22	18,2	29,5	29,2	23,2	23,5	23,8	26,2	23,0	24,4	1,1	0,5	22	1612,7



Hasil Variasi 5,05 Ampere (24 ml)

➤ Data Hasil Percobaan Variasi 3

Percobaan Arus 5,55 A dan Tegangan 11 Volt																
Duration	Flowrate Fan Inlet (m/s)	RH (%)	Ambient t 5,55 A	Condensation Chamber 5,55 A	Waterblock T(°C)				Heat Sink-Kiri T(°C)	Heat Sink-Kanan T(°C)	Heat Pipe-Kiri	Heat Pipe-Kanan	Fan Heatsink Kiri	Fan Heatsink Kanan	Copper Tube 5,55 A	RPM
					Hot Side Tembaga 5,55 A	Hot Side Aluminium 5,55 A	Cold Side Tembaga 5,55 A	Cold Side Aluminium 5,55 A								
0	0	56	30	23,4	25,2	29,2	25,7	30	31	34	30,8	31,4	0,0	0,0	28,0	0,0
15	2,2	56	29	22,3	26,0	28,9	25,7	28,4	30,9	33,7	29,2	31,1	1,3	0,7	27,6	1641,5
30	2,2	56	28	22,3	26,2	29,0	25,5	27,8	30,9	33,7	29,2	30,6	1,2	0,5	27,2	1655,6
45	2,1	56	28	21,9	26,3	29,2	25,4	27,8	30,8	33,6	28,9	30,5	1,1	0,6	27,0	1650,9
60	2,2	56	28	21,2	26,3	29,3	25,4	26,5	30,6	33,4	28,8	30,5	1,3	0,6	26,5	1646,0
75	2,1	56	28	20,5	26,3	29,4	25,4	26,5	30,5	33,3	28,6	30,3	1,3	0,5	26,3	1640,8
90	2,2	56	28	20,6	26,5	29,9	25,2	26,2	30,2	33	28,4	30,3	1,1	0,5	26,0	1676,0
105	2,1	56	27	20,1	26,5	30	25,2	26,3	30,2	33	28,3	30,2	1,1	0,5	25,5	1648,5
120	2,1	57	27	19,6	26,5	30,0	25	26,2	30	32,8	28,1	30	1,2	0,5	24,9	1645,5
135	2,3	57	27	19,2	26,5	30,2	24,9	26,2	29,9	32,8	28,1	30	1,1	0,6	24,7	1644,9
150	2,3	57	27	19,1	26,7	30,2	24,7	25,9	29,7	32,8	28,0	29,9	1,1	0,6	24,4	1650,6
165	2,2	57	27	19,3	26,7	30,3	24,6	25,9	29,6	32,4	28,0	29,9	1,2	0,6	24,5	1665,2
180	2	57	27	19,1	27	30,4	24,6	25,5	29,6	32,3	28,0	29,7	1,1	0,5	24,4	1663,2
195	2	57	27	18,8	27,0	30,5	24,4	25,7	29,4	32,3	28,0	29,6	1,2	0,4	23,8	1660,7
210	2	57	27	18,6	27,3	30,5	24,4	25,5	29,2	32,1	27,6	29,2	1,1	0,5	23,6	1650,2
225	2,1	57	27	18,4	27,3	30,5	24	25,5	28,8	32,1	27,5	29,2	1,2	0,4	23,4	1645,2
240	2,1	57	27	17,9	27,5	30,8	23,8	25,7	28,8	32,1	27,5	29,1	1,1	0,5	23,2	1646,1
255	2,1	57	27	17,9	27,5	30,9	23,6	25,9	28,4	32	27,3	28,9	1,1	0,5	23,0	1653,2
270	2,1	58	27	17,5	27,5	31,0	23,3	24,7	28,4	31,7	27,1	28,8	1,2	0,6	23,0	1665,5
285	2,3	58	27	17,0	27,6	31	23	24,7	28,1	31,7	27,0	28,6	1,1	0,5	22,8	1662,9
300	2,1	58	26	16,6	28	31	22,5	24,9	28	31,5	27,0	28,3	1,1	0,4	22,6	1652,4
315	2	58	26	16,6	28	31,1	22,5	25,2	27,8	31,1	26,5	28,1	1,2	0,5	22,4	1655,9
330	2,2	58	26	16,6	28	31,1	22,3	24,7	27,6	30,8	26,5	27,6	1,1	0,5	22,3	1661,8
345	2,1	59	26	16,8	28,1	31,3	22,3	24,4	27,6	30,6	26,5	27,6	1,1	0,4	22,2	1652,9
360	2,1	59	26	17,5	28,4	31,4	22,3	24,2	27,5	30,6	26,3	27,5	1,2	0,6	22,0	1653,4
375	2,3	59	26	18,0	29,2	31,6	22,1	23,4	27,5	30,5	26,0	27,3	1,1	0,5	21,8	1663,5
390	2,2	59	26	17,5	29,5	31,8	22	23,6	27,5	30,2	25,9	27,2	1,2	0,3	21,7	1647,9
405	2,1	59	26	17,3	29,5	32	21,8	23,8	27,1	30	25,5	27,1	1,2	0,5	21,6	1650,5
420	2,2	59	26	17,2	29,6	32,2	21,5	23,3	27	30	25,5	27	1,1	0,5	21,5	1650,9



Hasil Variasi 5,55 Ampere (37 ml)

➤ Data Hasil Percobaan Variasi 4

Percobaan Arus 6,06 A dan Tegangan 12 Volt																
Duration	Flowrate Fan Inlet (m/s)	RH (%)	Ambient t 6.06 A	Condensation Chamber 6.06 A	Waterblock T(°C)				Heat Sink-Kiri T(°C)	Heat Sink-Kanan T(°C)	Heat Pipe-Kiri	Heat Pipe-Kanan	Fan Heatsink Kiri	Fan Heatsink Kanan (m/s)	Copper Tube 6.06 A	RPM
					Hot Side Tembaga 6.06 A	Hot Side Aluminium 6.06 A	Cold Side Tembaga 6.06 A	Cold Side Aluminium 6.06 A								
0	0	58	29	22,8	23,1	29,7	28,0	28,5	31,1	34	29,9	32,5	0	0	26,2	0
15	2,2	58	28	22,3	23,4	29,0	28,0	28,3	30,9	33,3	29,6	32,5	1,3	0,6	25,9	1754,4
30	2,3	58	28	21,6	23,4	29,2	27,5	27,8	30,5	32,7	28,8	31,1	1,1	0,6	25,5	1740,0
45	2,4	58	28	21,4	23,6	29,6	27,5	28	30,2	32,4	28,6	30,8	1,1	0,5	25,5	1753,5
60	2,2	58	28	21,0	23,6	29,9	26,5	27,8	29,7	32,3	28,0	30,6	1,3	0,6	25,4	1747,5
75	2,2	58	28	20,6	23,8	30,3	26,5	27,5	29,6	32,3	27,6	30,2	1,3	0,6	25,0	1752,3
90	2,2	58	28	20,4	24,1	30,3	25,4	27,1	29,2	32	27,5	29,9	1,1	0,6	24,9	1741,2
105	2,3	58	28	20,6	24,2	30,3	25,0	27	29,1	31,7	27,5	29,4	1,1	0,5	24,9	1733,7
120	2,3	58	28	20,3	24,4	30,5	24,9	26,8	28,8	31,5	27,3	29,1	1,2	0,5	24,6	1767,3
135	2,2	58	28	20,2	24,6	30,5	24,2	26,8	28,8	31,7	27,3	29,1	1,2	0,6	24,4	1753,8
150	2,1	58	28	20,0	24,7	30,6	24,0	26,7	28,6	31,4	27,0	28,6	1,1	0,7	24,4	1762,4
165	2,2	58	27	19,5	24,7	30,6	23,8	26,5	28,6	31,5	27,0	28,8	1,2	0,5	24,4	1777,0
180	2,3	58	27	19,3	25,2	30,6	23,6	26,7	28,6	31,5	27,1	28,9	1,3	0,6	24,2	1750,1
195	2,2	58	27	19,4	25,7	30,6	23,1	26,7	28,4	31,3	26,7	28,6	1,2	0,5	24,2	1750,9
210	2,3	58	27	19,3	25,9	30,8	23,3	26,5	28,4	31,4	26,8	28,6	1,4	0,6	23,7	1744,9
225	2,4	58	27	18,6	25,9	30,9	23,1	26,5	28,1	31,2	26,7	28,6	1,1	0,5	23,5	1742,3
240	2,4	58	27	18,4	26,0	31,0	23,0	25,7	28	30,9	26,5	28,3	1,0	0,7	23,2	1746,9
255	2,3	58	27	18,3	26,1	31,0	22,5	26,2	27,5	30,5	26,3	28	1,2	0,5	23,1	1748,2
270	2,3	59	27	18,4	26,2	31,1	22,4	26,2	27,5	30,8	26,5	28,1	1,2	0,6	23,0	1748,7
285	2,4	59	27	18,3	26,2	31,1	22,2	25,7	27,3	30,3	26,2	28	1,0	0,5	22,3	1756,4
300	2,4	59	27	18,2	26,2	31,4	22,1	25,7	27,3	30,5	26,2	28	1,1	0,7	22,3	1750,7
315	2,5	59	26	17,8	26,8	31,4	22,1	25,4	27,1	30,2	26,0	27,9	1,2	0,6	22,3	1755,6
330	2,2	59	26	17,6	27	31,4	22,0	25,2	26,8	30,2	26,0	27,8	1,2	0,5	22,3	1759,4
345	2,3	59	26	17,5	27,3	31,5	21,8	25,4	26,5	29,9	25,7	27,8	1,1	0,6	22,2	1748,6
360	2,3	60	25	17,0	27,3	31,7	21,0	24,7	26,2	28,6	25,4	27,1	1,2	0,6	22,1	1761,6
375	2,4	61	25	16,4	27,4	31,9	20,5	24,4	26,2	29,2	25,5	27,6	1,2	0,5	22,0	1762,6
390	2,3	61	25	16,1	27,5	32	19,8	24,2	25,4	28,4	24,9	26,5	1,3	0,6	21,8	1782,3
405	2,2	61	25	16,0	27,8	32,1	19,6	24,6	24,7	27,8	24,7	26	1,2	0,6	21,5	1751,8
420	2,3	61	25	16,0	27,8	32,2	19,5	24,4	24,6	27	24,6	26	1,3	0,5	21,4	1755,1



Hasil Variasi 6,06 Ampere (37,5 ml)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Malang, 11 Nopember 1996, merupakan anak tunggal dan merupakan putra dari pasangan bapak Radit Purwikoro dan Ibu Lisa Rosilawati. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Kartika V Malang, SDN Bunulrejo 6 Malang (2002-2008), SMP Negeri 21 Malang, (2008-2011) dan SMA Negeri 4 Malang (2011-2014). Setelah lulus dari bangku SMA penulis melanjutkan studi di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa pada tahun 2014. Setelah menyelesaikan studi di Departemen Teknik Mesin Industri pada tahun 2017, penulis kemudian mengambil program lintas jalur ke jenjang sarjana pada tahun (2017) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya. Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan perkuliahan. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisasi. Kegiatan yang pernah diikutinya antara lain : Menjadi Staff PROKESMA HMDM FV-ITS Periode 2015-2016. Penulis juga pernah menjadi juga menjadi Asisten Lab untuk kegiatan praktikum mata kuliah bidang *Marine Fluid Machinery System* (MMS). Pelatihan yang pernah diikuti penulis diantaranya: Pelatihan Karya Tulis Ilmiah ITS (2014), Pelatihan Motor Bakar HMDM FTI-ITS (2014), Pelatihan LKMM Pra-Tingkat Dasar (Pra-TD) FTI-ITS (2014) , Pelatihan LKMM Tingkat Dasar (TD) FTI-ITS (2015), Pelatihan Pemandu LKMM FTI-ITS (2015). Selain pelatihan penulis juga mengikuti beberapa lomba seperti lomba karya tulis ilmiah PLANOPOLIS HMPL 2017.

Pada akhir masa program studi S-1, penulis mengambil konsentrasi Tugas Akhir di bidang studi *Marine Fluid Machinery System* (MMS). Penulis dapat menyelesaikan penelitian pengembangan awal alat penghasil air tawar dari udara dengan memanfaatkan *thermoelectric cooler* pada lifeboat yang kemudian dituliskan dalam tugas akhir ini dengan judul “Studi Analisis Variasi Arus Masukan Terhadap Jumlah Air Tawar Yang Dihasilkan Pada Atmospheric Water Generator Menggunakan Thermoelectric Cooler Untuk Kebutuhan Air Minum Di Lifeboat”.

Email : prima.atma@gmail.com

“Halaman ini sengaja dikosongkan”