

**TUGAS AKHIR-ME184834**

**STUDI ANALISIS PENAMBAHAN *COOLING SYSTEM* TERHADAP JUMLAH AIR TAWAR YANG DIHASILKAN PADA *ATMOSPHERIC WATER GENERATOR* MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER* UNTUK KEBUTUHAN AIR MINUM DI *LIFEBOAT***

Alfaatan Muhammad Dimiyati  
NRP. 04211540000008

**Dosen Pembimbing:**  
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
Ede Mehta Wardhana, ST., MT

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

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**BACHELOR THESIS - ME184834**

**ANALYSIS STUDY OF ADDITION COOLING SYSTEM TO THE  
NUMBER OF FRESH WATER PRODUCED IN ATMOSPHERIC  
WATER GENERATOR USING THERMOELECTRIC COOLER FOR  
DRINKING WATER NEEDS IN LIFEBOAT**

Alfaatan Muhammad Dimiyati  
NRP. 04211540000008

**Supervisors:**

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
Ede Mehta Wardhana, ST., MT

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI ANALISIS PENAMBAHAN *COOLING SYSTEM* 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 *Marine Machinery and System (MMS)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Alfaatan Muhammad Dimiyati**  
NRP. 0421154000008

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Alam Baharamsyah, M.Sc.  
NIP. 196801291992031001

Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.  
NIP. 19922017111048



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI ANALISIS PENAMBAHAN *COOLING SYSTEM* 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 *Marine Machinery and System (MMS)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Alfaatan Muhammad Dimiyati**  
NRP. 04211540000008

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.  
NIP. 197708022008011007

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa:

Tugas akhir ini telah ditulis dan dikembangkan secara mandiri, murni dari gagasan dan penelitian pribadi dengan bantuan dan arahan dari tim dosen pembimbing tanpa adanya tindakan plagiarisme. Semua konten dalam penulisan tugas akhir ini diambil langsung dari sumber internal dan eksternal seperti literatur serta sumber profesional lainnya sebagai acuan dalam penulisan dengan menyebutkan identitas sumbernya.

Nama Mahasiswa : Alfaatan Muhammad Dimiyati  
NRP : 0421154000008  
Judul Tugas Akhir : Studi Analisis Penambahan *Cooling System* terhadap Jumlah Air Tawar yang Dihasilkan pada *Atmospheric Water Generator* Menggunakan *Thermoelectric Cooler* untuk Kebutuhan Air Minum di *Lifeboat*  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan, FTK – ITS

Jika terindikasi adanya tindakan plagiarisme dalam penulisan tugas akhir ini, maka saya akan bertanggung jawab penuh dan menerima sanksi yang diberikan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Demikian pernyataan bebas plagiarisme ini dibuat dengan sesungguhnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, Juli 2019

**Alfaatan Muhammad Dimiyati**  
NRP. 0421154000008

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**STUDI ANALISIS PENAMBAHAN *COOLING SYSTEM* TERHADAP  
JUMLAH AIR TAWAR YANG DIHASILKAN PADA *ATMOSPHERIC  
WATER GENERATOR* MENGGUNAKAN *THERMOELECTRIC COOLER*  
UNTUK KEBUTUHAN AIR MINUM DI *LIFEBOAT***

**Nama Mahasiswa** : Alfaatan Muhammad Dimiyati  
**NRP** : 0421154000008  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
Ede Mehta Wardhana, ST., MT

**ABSTRAK**

*Atmospheric water generator* (AWG) merupakan suatu sistem kondensasi untuk mendinginkan uap air dalam udara hingga berubah wujud menjadi air tawar agar bisa dikonsumsi. Alat ini mampu menyediakan suplai air tawar secara kontinu dalam *lifeboat* selama menunggu proses penyelamatan saat harus mengevakuasikan diri keluar dari kapal ketika sedang berlayar. Namun pengoptimalisasian perlu dilakukan lantaran alat tersebut baru mampu menyuplai air tawar sebanyak 7,6 L/hari selama pengoperasian 24 jam penuh untuk 20 orang penumpang dari kapasitas *lifeboat* yang direncanakan. Pada penelitian ini dilakukan uji eksperimentasi menggunakan variasi fluida kerja pada rangkaian sistem untuk meningkatkan peningkatan performa alat supaya bisa menghasilkan air hasil kondensasi yang mencukupi untuk suplai semua penumpangnya. Dalam penelitian ini bertujuan untuk melihat flida kerja yang paling optimal untuk diimplementasikan pada AWG dan bagaimana peningkatan performa yang dihasilkan Pamilihan variasi fluda kerja yang hendak diuji didasari pada beberapa parameter seperti kepebilas komponen alat dan jenis/karakteristik fluida kerjanya. Fluida kerja yang akan di uji termasuk golongan refrigeran sekunder karena mampu mendistribusikan kalor tanpa harus merubah fasa dari fluida kerja, yaitu larutan etilen glikol, larutan propilen glikol, dan larutan kalsium klorida. Ketiga larutan tersebut diuji dengan konsentrasi yang sama sebanyak 50%. Dari hasil pengujian didapatkan larutan etilen glikol yang emiliki nilai efisiensi panling tinggi, yaitu sebesar 0, 49093% dengan hasil air tawar sebanyak 4,5 mL/jam.

**Kata Kunci:** AWG, fluida kerja, air tawar

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **ANALYSIS STUDY OF ADDITION OF A COOLING SYSTEM TO THE NUMBER OF FRESH WATER PRODUCED IN ATMOSPHERIC WATER GENERATOR USING THERMOELECTRIC COOLER FOR DRINKING WATER NEEDS IN LIFEBOAT**

**Student Name** : Alfaatan Muhammad Dimiyati  
**NRP** : 0421154000008  
**Department** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisor** : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
Ede Mehta Wardhana, ST., MT

## **ABSTRACT**

Atmospheric water generator (AWG) is a condensation system to cool water vapor in the air until it turns into fresh water so that it can be consumed. This tool is able to provide a continuous supply of fresh water in the lifeboat while waiting for the rescue process when it has to evacuate itself out of the ship while sailing. However, optimization needs to be done because the tool is only able to supply fresh water as much as 7.6 L / day during a full 24 hour operation for 20 passengers from the planned lifeboat capacity. In this study an experimentation test was carried out using variations in the working fluid on a series of systems to increase the performance of the device so that it could produce enough condensed water to supply all of its passengers. In this study the aim is to see the most optimal working environment to be implemented on the AWG and how the performance improvement produced. The selection of employment variations to be tested is based on several parameters such as the reliability of the tool components and the type / characteristics of the working fluid. The working fluid that will be tested is classified as a secondary refrigerant because it is able to distribute heat without having to change the phase of the working fluid, namely ethylene glycol solution, propylene glycol solution, and calcium chloride solution. The three solutions were tested with the same concentration as much as 50%. From the test results obtained ethylene glycol solution which has a high panling efficiency value, which is equal to 0,49093% with fresh water yield of 4.5 mL / hour.

**Keywords:** AWG, working fluid, fresh water

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa karena dari karunia dan rahmat-Nya penyusunan tugas akhir berjudul “**Studi Analisis Penambahan Cooling System terhadap Jumlah Air Tawar yang Dihasilkan pada Atmospheric Water Generator Menggunakan Thermoelectric Cooler untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat**” dapat terselesaikan. Tugas akhir ini berupa penelitian terkait studi eksperimentasi terhadap variasi penggunaan fluida kerja pada optimalisasi *Atmospheric Water Generator* (AWG) di *lifeboat*. Dalam penyusunannya yang melalui banyak tantangan dan rintangan, penulis hanturkan banyak rasa terimakasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini, antara lain:

1. Keluarga penulis, Lucy Widoretno dan Muhamad Dimiyati selaku orang tua yang senantiasa memberikan dukungan secara penuh hingga selalu menyebutkan nama penulis dalam doa mereka. Serta Zahra Widi Damayanti, Diffa Dhiya Damayanti, dan Rizq Zahfa Muhammad Dimiyati selaku saudara kandung yang selalu memberikan bantuan dan dukungan dalam berbagai bentuk lebih dari yang penulis harapkan.
2. Ir. Alam Baharamsyah, M.Sc. dan Ede Mehta Wardhana, ST., MT selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan arahan akan pemahaman yang membangun dan masukan yang mendukung dalam pengembangan serta penyusunan tugas akhir ini.
3. Prima Atmaditza Zulfikar, Bella Puji Dharma Samodra, dan Diar Ayu Yonanda selaku rekan kerja sekaligus rekan penelitian yang telah bersama-sama saling membantu dalam menyukseskan ketercapaian penelitian ini hingga akhir.
4. Achmad Taufik Rendi Kisserah, Putu Widhi Aprilia, dan Albertus Ferdy Darmawan sebagai teman terdekat penulis yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan juga pencerahan selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Andryan, Diar, Efrem, Zulfar, Geraldly, Hilmy, Timothy, Rana, Shasa, Mbak Zizah, dan Mbak Sulfia selaku teman-teman perkumpulan Soto Kertajaya yang saling memahami, mendukung, dan membantu dalam ketercapaian setiap kesuksesan individunya.
6. Teman-teman Salvage’15 yang bersama-sama saling membantu dalam penyelesaian masa studi pendidikan di DTSP. Serta teman-teman Voyage’ 16, Mercusuar’14, Barakuda’13, dan Badrikara’17 yang turut serta memberikan dukungan moral dan keilmuan untuk penyelesaian skripsi ini.
7. Serta untuk semua pihak yang turut membantu baik secara langsung maupun tidak namun belum bisa penulis sebutkan satu persatu.

Diharapkan kedepannya penelitian ini dapat menjadi sumber keilmuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya juga bermanfaat untuk pembacanya. Penulis juga menyadari penelitian ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Olehkarenanya berbagai kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan untuk menjadi bahan evaluasi dan pengembangan pribadi penulis kedepannya.

Surabaya, Juli 2019

Alfaatan Muhammad Dimiyati

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	ix
ABSTRAK.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB III.....	11
3.1 Identifikasi & Rumusan Masalah.....	11
3.2 Studi Literatur & Pengumpulan Data.....	12
3.3 Analisa Model.....	12
3.4 Perangkaian Model.....	13
3.4.1 Alat dan Bahan Penyusun Model.....	13
3.4.2 Prosedur Perangkaian Model.....	21
3.5 Uji Model.....	22
3.6 Pengambilan & Pengumpulan Data.....	23
3.7 Kesimpulan & Saran.....	23
BAB IV.....	25
4.1 Perhitungan <i>Dew Point Temperature</i> .....	25
4.2 Data Hasil Eksperimentasi.....	27
4.3 Analisa Hasil Eksperimentasi.....	28
4.3.1 Variasi Eksperimen Penggunaan Larutan Etilen Glikol ( $C_2H_6O_2$ ).....	29
4.3.2 Variasi Eksperimen Penggunaan Larutan Propilen Glikol ( $C_3H_8O_2$ ).....	30
4.3.3 Variasi Eksperimen Penggunaan Larutan Kalsium Klorida ( $CaCl_2$ ).....	32
4.4 Perhitungan Persentase Efisiensi Model.....	34
BAB V.....	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	41
BIODATA PENULIS.....	63

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Atmospheric Water Generator (AWG)</i> .....	3
Gambar 2. 2 Perancangan Desain Model AWG.....	4
Gambar 2. 3 Perancangan Peletakan AWG di <i>Lifeboat</i> .....	5
Gambar 2. 4 Refrigeran .....	7
Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian.....	11
Gambar 3. 2 Rangkaian AWG .....	21

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penyusun Model .....	13
Tabel 4. 1 Data Kelembapan dan Suhu Udara BMKG Juanda .....	25
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian .....	27
Tabel 4. 3 Efisiensi Penggunaan Variasi Fluida Kerja pada AWG.....	35

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Saat terjadi keadaan darurat yang mengharuskan seluruh penumpang di kapal untuk mengevakuasikan diri dan meninggalkan kapal, *lifeboat*/sekoci merupakan salah satu alat keselamatan yang digunakan untuk mengakomodir kebutuhan tersebut. Sebagai perahu penyelamat kecil, *lifeboat*/sekoci dapat berupa perahu tegar (*rigid*) ataupun mengembang (*inflatable*) yang diturunkan atau diluncurkan dari kapal menggunakan *davits* (alat penurun sekoci). Perahu penyelamat kecil ini dapat dilengkapi dengan motor penggerak dan persediaan bahan bakarnya, juga persediaan makan dan minuman hingga peralatan khusus yang digunakan untuk menarik perhatian tim penyelamat saat melakukan proses penyelamatan. Dirancang untuk dapat mengevakuasi penumpang hingga 25 orang, tentunya persediaan makanan dan minuman yang disediakan untuk bertahan hidup di atas permukaan laut selama menunggu tim penyelamat datang tidak akan bisa bertahan lama.

Sebagai salah satu kebutuhan yang krusial bagi manusia, air (lebih dari 50% kandungan penyusun tubuh) menjadi salah satu gizi makro yang esensial bagi tubuh manusia (Rahmawati, 2012). Berfungsi sebagai pelarut atau alat angkut, katalisator, pelumas, fasilitator pertumbuhan, pengatur suhu tubuh dan peredam benturan dalam tubuh (Annas Buanasita, 2015), air ditujukan untuk mempertahankan metabolisme dan fisiologi tubuh. Saat sedang berada di atas *lifeboat*/sekoci selama menunggu tim penyelamat, air laut dengan kadar garam yang tinggi di sekeliling *lifeboat*/sekoci mengakibatkan ketergantungan pada persediaan air tawar yang dimiliki *lifeboat*/sekoci tersebut. Sedangkan air sangat diperlukan dibandingkan persediaan penopang kehidupan lainnya untuk menunjang kelangsungan hidup manusia selama menunggu proses penyelamatan yang tidak tentu tersebut.

Keberadaan alat berupa *Atmospheric Water Generator* (AWG) dengan *Thermoelectric Cooler* dapat menjaga ketersediaan suplai air tawar dalam kondisi tersebut. Alat ini dapat menghasilkan air tawar dengan mengkondensasi udara berelembapan tinggi yang berada di atas permukaan air laut. AWG mengandalkan sumber energi dari panas matahari untuk mengisi baterai memanfaatkan panel surya. Selanjutnya daya listrik pada baterai akan dialirkan untuk penggunaan *Thermoelectric Cooler* sebagai penghasil suhu dingin guna menghasilkan penurunan temperatur untuk proses kondensasi. Kemudian suhu dingin tersebut akan menurunkan temperatur dari air yang didistribusikan dalam pipa tembaga pada ruang kondensasi untuk memicu proses kondensasi udara lembap hingga berubah wujud menjadi butir-butir air. Namun volume air yang dihasilkan oleh AWG masih kurang untuk mengakomodir kebutuhan air bagi 20-25 orang penumpang *lifeboat*. Dengan menyediakan 6 buah *Thermoelectric Cooler* masih hanya dapat menghasilkan air tawar sebanyak 7,6 liter selama pengoperasian 24 jam penuh (Setiyawan, 2017). Oleh karenanya dibutuhkan optimalisasi alat tersebut untuk dapat menghasilkan jumlah air tawar yang lebih banyak dengan waktu pengoperasian dan komponen yang digunakan lebih sedikit. Pada penelitian ini akan dilakukan uji coba/eksperimen variasi penggunaan fluida kerja untuk mengkondensasi udara agar diperoleh jenis fluida kerja yang paling optimal untuk meningkatkan performa dari *atmospheric water generator* tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Parameter apa saja yang diperlukan untuk memilih jenis fluida kerja yang paling optimal untuk mengkondensasi udara ketika diimplementasikan pada *Atmospheric Water Generator* (AWG)?
2. Bagaimana hasil peningkatan performa kerja dari *Atmospheric Water Generator* (AWG)?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Thermoelectric Cooler* yang digunakan bertipe TEC 12076.
2. Pompa yang digunakan bertipe *Brushless DC Pump* dengan model QR30E.
3. Metode yang digunakan berupa eksperimentasi terhadap variasi penggunaan fluida kerja.
4. Indikator keberhasilan penelitian hanya didasarkan pada perbandingan jumlah air tawar yang dihasilkan dengan penelitian sebelumnya, "Eksperimen Penghasil Air Tawar Dari Udara Menggunakan *Thermoelectric Cooler* Untuk Kebutuhan Air Minum Di *Lifeboat*" oleh Darwin pada tahun 2017.
5. Pengujian dilakukan pada skala laboratorium.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan parameter pemilihan jenis fluida kerja yang paling optimal untuk mengkondensasi udara ketika diimplementasikan pada *Atmospheric Water Generator* (AWG).
2. Meningkatkan performa kerja *Atmospheric Water Generator* (AWG) dengan penambahan variasi penggunaan fluida kerja untuk mengkondensasi udara.
3. Mendapatkan jenis fluida kerja yang paling optimal untuk mengkondensasi udara ketika diimplementasikan pada *Atmospheric Water Generator* (AWG) dengan metode eksperimentasi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

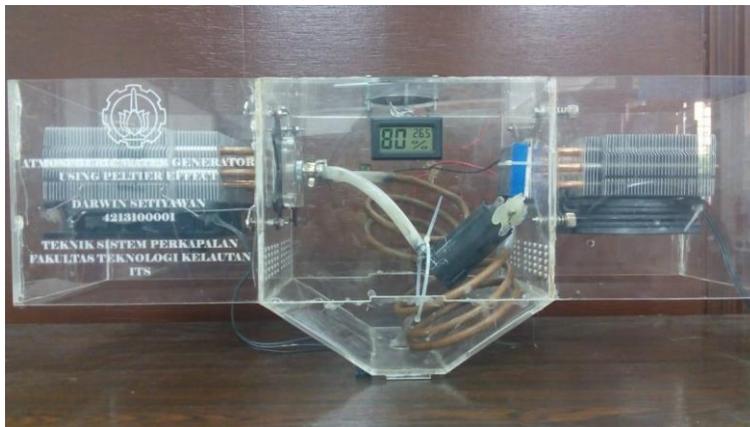
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengoptimalkan sistem *Atmospheric Water Generator* (AWG) dengan *Thermoelectric Cooler* melalui penambahan *Coolant* yang tepat.
2. Mengembangkan suatu sistem *Water Generator* yang ramah lingkungan.
3. Memahami proses kerja dari sistem pendingin dan proses kondensasi.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Atmospheric Water Generator (AWG)*

*Atmospheric water generator (AWG)* merupakan alat yang terdiri dari rangkaian sistem kondensasi untuk mendinginkan uap air dalam udara hingga berubah wujud menjadi air tawar agar bisa dikonsumsi (Setiyawan, 2017). Tujuannya untuk menyediakan suplai air tawar secara kontinu dalam *lifeboat* selama menunggu proses penyelamatan saat harus mengevakuasikan diri keluar dari kapal ketika sedang berlayar. Dengan mempertimbangkan bobot alat, pengoperasian alat, dan stabilitas *lifeboat*, maka kapasitas penumpang dikurangi menjadi 20 orang dalam perancangannya untuk diimplementasikan pada *lifeboat* berkapasitas 25 orang. Sehingga rangkaian alat ini mampu mensuplai air tawar sebanyak 53 mL/jam dan 1,272 L/hari selama pengoperasian 24 jam. Secara sederhana, rangkaian alat ini seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 1 *Atmospheric Water Generator (AWG)*  
(Setiyawan, 2017)

Dalam gambar 2.1 memperlihatkan bentuk rancangan dari *atmospheric water generator (AWG)* yang terdiri dari 3 buah ruang kerja, yaitu ruang pengkondensasian yang berda di tengah dan dua ruang terbuka pada sisi kanan dan kiri untuk proses penyebaran panas. Prancangan model seperti ini ditujukan untuk mengoptimalisasi penggunaan *thermoelectric cooler (TEC)* dalam mendinginkan fluida kerja pada rangkaian. Aspek-aspek lain yang juga dipertimbangkan dalam perancangan model antara lain sebagai berikut:

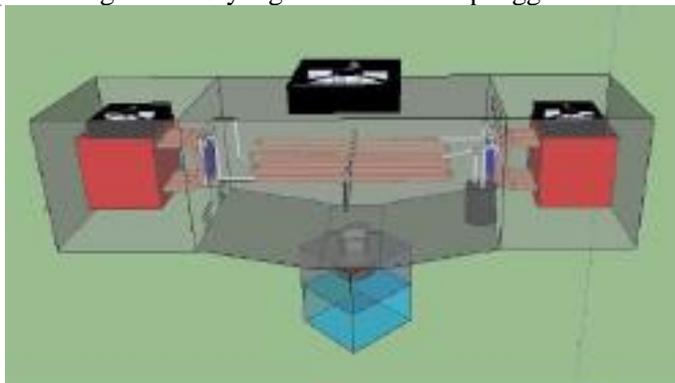
1. Model *heatsink* sebagai media untuk meningkatkan penyebaran panas dan mempercepat proses pendinginannya.
2. Transfer udara dingin dari ruang pengkondensasian ke sisi *heatsink* untuk membantu proses pendinginan dari kalor yang terlepas.
3. Perluasan permukaan perangkat udara sebagai media pengkondensasian serta material yang digunakan dalam menghantarkan kalor.

*Thermoelectric cooler* sebagai sebuah pelat keramik yang berisi dua buah konduktor elektrik dapat memindahkan panas dari satu sisi ke sisi lainnya saat dialiri

arus listrik. Perangkat ini banyak digunakan pada teknologi pendingin konvensional (berbasis refrigeran) karena beberapa kelebihan, yaitu pemanas/pendingin yang dapat diatur melalui pengubahan arah arus listrik, ringkas dan handal, serta tidak memerlukan perawatan khusus. Perpindahan panas yang terjadi pada TEC menghasilkan perbedaan suhu antara sisi-sisinya akibat dari kalor yang terdistribusi. Sisi yang terdistribusikan panasnya akan menyerap kalor dan mengalami penurunan suhu, sedangkan sisi yang mendistribusikan panas akan melepas kalor dan mengalami peningkatan suhu. Perbedaan suhu antara sisi yang satu dengan yang lainnya memiliki nilai yang relatif tetap. Saat salah satu sisi bisa diturunkan suhunya, sisi yang lainnya juga akan mengalami penurunan suhu untuk menghasilkan selisih yang konstan. Sehingga terdapat dua hal yang dapat dilakukan untuk menurunkan suhu yang dihasilkan TEC, yaitu:

1. Mempercepat pelepasan kalor pada sisi panasnya supaya penyerapan dan pendistribusian kalor pada sisi dinginnya menjadi lebih optimal.
2. Menggunakan media pendingin yang mampu menghantarkan panas dengan optimal di sekitar sisi dinginnya supaya ikut memanfaatkan suhu dingin yang dihasilkan TEC dalam menurunkan kalor di sekitarnya.

Dengan menggabungkan kedua hal tersebut, dibuat konsep yang diimplementasikan dalam sistem AWG ini. Gambar dibawah ini merupakan model skematik dari perancangan AWG yang memanfaatkan penggunaan TEC:

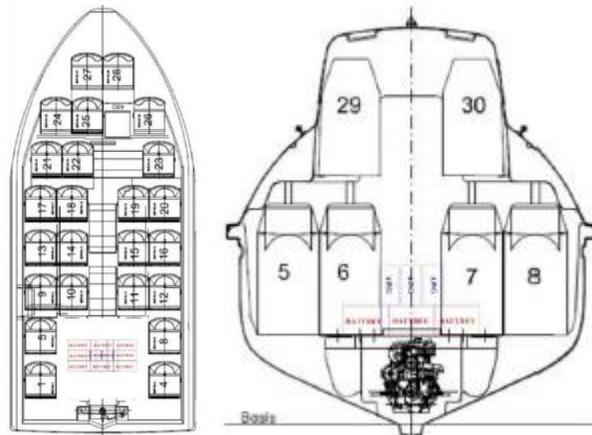


Gambar 2. 2 Perancangan Desain Model AWG  
(Setiyawan, 2017)

Pada gambar 2.2 menunjukkan rangkaian proses kerja dari perancangan sistem model AWG. Sisi dingin TEC yang diposisikan menghadap ke ruang pengkondensasian digunakan untuk menurunkan suhu fluida kerja dalam rangkaian. *Waterblock* yang ditempelkan pada sisi dingin TEC dapat menghantarkan suhu dingin hingga ke seluruh rangkaian pipa tembaga saat dihubungkan. Elemen pendingin ini menghantarkan suhu dingin yang dihasilkan TEC hingga ke fluida kerja di dalam pipa tembaga. Suhu dingin yang diterima mampu menurunkan suhu fluida kerja dan pipa tembaga sampai pada titik pengembunan udara. Kondisi ini dapat mengubah wujud uap air yang terkandung dalam udara yang masuk ke ruang pengkondensasian saat bersentuhan dengan pipa tembaga sebagai media pengkondensasian menjadi butir-butir air untuk dikonsumsi. Selain itu kipas yang berada di atas ruang pengkondensasian juga bertujuan untuk membantu penurunan suhu ruangan selain menghisap masuk uap air dalam udara untuk

dikondensasikan. Penurunan suhu ruang pengkondensasian oleh kipas dapat mempertahankan suhu fluida kerja dan pipa tembaga pada suhu titik pengembunan udara.

Sisi TEC lainnya yang melepas kalor dihadapkan ke ruang terbuka pada bagian kanan dan kiri AWG untuk mempercepat proses penurunan panasnya. Penurunan panas ini juga dipercepat dengan menempelkan *heat pipe* yang terhubung dengan *heatsink* untuk menyebarkan kalor yang dilepaskan. *Heat pipe* yang berupa pipa tembaga berisikan campuran larutan etanol dan merkuri memiliki nilai konduktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan benda padat seperti tembaga. Nilai konduktivitas yang besar akan mempercepat pendistribusian kalor dari sisi panas TEC ke *heatsink*. Perluasan luas media perambatan panas dalam *heatsink* yang berupa rangkaian lembaran-lembaran logam akan memperluas transfer panas dan mempermudah proses pendinginan transfer panas pada *heat pipe* dengan udara terbuka. Didukung pula dengan kipas yang berada dibawahnya, akan mengarahkan udara untuk melalui *heatsink* sehingga mempersingkat proses penurunan panasnya. Kemudian peletakan AWG pada *lifeboat* yang direncanakan adalah seperti berikut:



Gambar 2. 3 Perancangan Peletakan AWG di *Lifeboat*  
(Setiyawan, 2017)

Gambar 2.3 mengilustrasikan peletakan kelengkapan seluruh komponen rangkaian AWG pada *lifeboat*. Secara utuh, prinsip kerja AWG memanfaatkan energi cahaya matahari untuk mengisi baterai menggunakan panel surya. Selanjutnya daya listrik pada baterai akan dialirkan ke *power supply* untuk diteruskan pada penggunaan TEC, 3 buah kipas pada rangkaian sistem, serta pompa dalam ruang kondensasi. Daya listrik yang dialirkan ke pompa digunakan untuk mendistribusikan fluida kerja pada rangkaian pipa tembaga. Fluida kerja didistribusikan untuk mentransfer suhu dingin yang diterima dari TEC ke rangkaian pipa tembaga pada ruang kondensasi. Suhu dingin ini akan menurunkan suhu fluida kerja dan rangkaian pipa tembaga sampai pada titik pengembunan udara. Suhu titik pengembunan udara akan memicu proses kondensasi udara lembap hingga berubah wujud menjadi butir-butir air untuk selanjutnya dikonsumsi.

Namun volume air yang dihasilkan oleh AWG masih kurang untuk mengakomodir kebutuhan air bagi 20 orang penumpang *lifeboat* yang direncanakan.

Dengan menyediakan 6 buah TEC masih hanya dapat menghasilkan air sebanyak 7,6 L selama pengoperasian 24 jam penuh (Setiyawan, 2017). Oleh karenanya dibutuhkan optimalisasi alat tersebut agar dapat menghasilkan jumlah air yang lebih banyak dengan waktu pengoperasian dan komponen yang digunakan lebih sedikit. Pada penelitian ini akan dilakukan uji coba/eksperimen variasi penggunaan fluida kerja untuk mengondensasi udara agar diperoleh jenis fluida kerja yang paling optimal untuk meningkatkan performa dari AWG tersebut.

## **2.2 Refrigerant**

Refrigerasi merupakan proses pengambilan/pengeluaran kalor dari suatu materi atau ruangan dan mempertahankan keadaannya sedemikian rupa sehingga temperaturnya lebih rendah dari pada lingkungan sekitarnya. Proses ini dapat berlangsung dengan bantuan refrigeran dalam sistem. Dalam proses refrigerasi, proses pelepasan kalor dari suatu objek atau ruang hingga temperaturnya menjadi lebih rendah dari temperatur lingkungan, dibutuhkan suatu fluida kerja yang berperan sebagai penyerap kalor yang umum disebut sebagai refrigeran (Wahyuadi, 2012). Refrigeran adalah fluida pendingin dalam sistem pendingin yang digunakan untuk mentransfer panas melalui perubahan fasenya, yaitu dari fase cair menjadi gas untuk berevaporasi dan sebaliknya untuk proses kondensasi. Refrigeran sendiri memiliki standar kualitas yang harus dipenuhi sebelum digunakan. Tingkat kualitas refrigeran yang memenuhi secara umum adalah sebagai berikut:

1. Tekanan penguapannya harus cukup tinggi, untuk menghindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporator dan turunya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi.
2. Tekanan pengembunan yang rendah sehingga perbandingan kompresinya rendah dan penurunan prestasi kompresor dapat dihindari.
3. Kalor laten penguapan harus tinggi agar panas yang diserap oleh evaporator lebih besar jumlahnya, sehingga untuk kapasitas yang sama, jumlah refrigerant yang dibutuhkan semakin sedikit.
4. Koefisien prestasi harus tinggi, ini merupakan parameter yang penting untuk menentukan biaya operasi.
5. Konduktivitas thermal yang tinggi untuk menentukan karakteristik perpindahan panas.
6. Viskositas yang rendah dalam fasa cair atau gas. Dengan turunnya tahanan aliran refrigerant dalam pipa kerugian tekanannya akan berkurang.
7. Konstanta dielektrik yang kecil, tahanan listrik yang besar serta tidak menyebabkan korosi pada material isolasi listrik.
8. Refrigerant hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang digunakan sehingga tidak menyebabkan korosi.
9. Refrigerant tidak boleh beracun dan berbau.
10. Refrigerant tidak boleh mudah terbakar dan meledak.
11. Dapat bercampur dengan minyak pelumas tetapi tidak merusak dan mempengaruhinya.
12. Harganya murah dan mudah dideteksi jika terjadi kebocoran.



Gambar 2. 4 Refrigeran  
(Alibaba Indonesia, 2019)

Pada penelitian ini, penggunaan refrigeran ditujukan sebagai fluida kerja yang akan dialirkan dalam pipa tembaga pada ruang kondensasi untuk mempercepat proses kondensasi. Pemilihan refrigeran dan suhu pendingin dan beban yang diperlukan menentukan pemilihan kompresor, juga perancangan kondenser, evaporator, dan alat pembantu lainnya. Faktor tambahan seperti kemudahan dalam perawatan, persyaratan fisik ruang dan ketersediaan utilitas untuk peralatan pembantu (air, daya, dll.) juga mempengaruhi pemilihan komponen. Refrigeran sendiri dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa aspek, yaitu dari zat penyusunnya dan cara refrigeran mentransfer kalor. Berdasarkan zat penyusunnya refrigeran dibagi menjadi 2 macam, yaitu refrigeran sintetik dan refrigeran alam (hidrokarbon).

#### 1. Refrigerant Sintetik

Refrigeran sintetik merupakan hasil sintesa pada hidrokarbon di mana unsur Hidrogen (H) disubstitusi dengan unsur Cl (klor) dan unsur F (fluor). Dengan substitusi tersebut maka karakteristik refrigeran sintetik berbeda dengan karakteristik hidrokarbon yang merupakan bahan dasarnya. Refrigeran sintetik dapat dikelompokkan menjadi CFC, HCFC dan HFC. Refrigeran yang termasuk dalam kelompok hidrokarbon (sintetik) mempunyai lebih dari satu atom.

CFC (chlorofluorocarbon) terdiri dari unsur klor (Cl), fluor (F) dan karbon (C). Contoh dari refrigeran ini adalah R-11 (CFC-11), R-12 (CFC-12). Karena tidak mengandung hidrogen maka CFC adalah senyawa yang sangat stabil dan tidak mudah bereaksi dengan zat lain meskipun terlepas ke atmosfer. Karena mengandung klor, CFC merusak ozon di atmosfer (stratosfer).

HCFC (hydrochloro-fluorocarbon) selain mengandung Cl (klor) yang merusak lapisan ozon, zat ini juga mengandung hidrogen (H), sehingga zat ini menjadi kurang stabil jika berada di atmosfer oleh sebab itu HCFC mempunyai ODP yang rendah. Contoh refrigeran ini adalah R-22 (HCFC-22) yang digunakan untuk aplikasi AC ruangan /gedung.

HFC (hydrofluorocarbon) tidak mempunyai unsur klor sehingga tidak merusak lapisan ozon dengan ODP nol. Contoh refrigeran ini adalah R-134a merupakan gas

pendingin yang paling banyak digunakan dan direkomendasikan sebagai pengganti CFC jenis R-12 untuk aplikasi mesin pendingin tipe baru. R134a ini sudah tidak mengandung Cl (klor), sehingga disebut sebagai refrigeran non CFC, namun masih mengandung F (fluor) yang berpotensi sebagai bahan penyebab pemanasan global, maka para ilmuwan merekomendasikan untuk menggunakan bahan-bahan yang berasal dari alam (Aziz 2008).

## 2. Refrigerant Alam

Refrigeran alam terbagi beberapa bagian, dalam pembahasan ini hanya akan di bahas mengenai refrigeran hidrokarbon. Refrigeran hidrokarbon mempunyai sifat yang salah satunya adalah ramah lingkungan. Refrigeran hidrokarbon atau disebut dengan R-290 mempunyai bermacam-macam jenis, sebagai contoh salah satunya Musicool 22 (MC-22).

Keunggulan Musicool (MC-22) secara teknis adalah merupakan kebalikan dari kelemahan teknis yang dimiliki oleh refrigeran sintetis. Dari sifat fisika dan termodinamika yang dimilikinya, maka refrigeran alamiah Musicool (MC-22) mempunyai kelebihan dibandingkan dengan refrigeran sintetis yaitu :

- Merupakan refrigeran alternatif pengganti refrigeran sintetis.
- Mudah ditangani karena mempunyai tekanan kerja yang sama dengan refrigeran sintetis.
- Dengan kerapatan (density) dan kekentalan (viscosity) yang lebih kecil, maka:
  - a Berat jenis lebih kecil berat (bobot) refrigeran lebih kecil.
  - b Kerja kompresor lebih ringan.
  - c Pemakaian energi (listrik) untuk menggerakkan kompresor lebih kecil.
  - d Karena kerja kompresor lebih ringan, maka umur pemakaian menjadi lebih lama.
- Dengan sifat termodinamika yang lebih baik, maka efek refrigerasi menjadi lebih baik :
  - a Proses pendinginan lebih cepat
  - b Temperatur udara keluaran pada evaporator lebih rendah/dingin.

Refrigeran hidrokarbon merupakan refrigeran alam (natural refrigerant) yang unsur-unsurnya terdiri dari karbon (C) dan hidrogen (H). Sedangkan refrigeran sintetis mengandung unsur halogen yang terdiri dari unsur Klor (Cl) dan Fluor (F), dan unsur-unsur halogen ini yang berpengaruh terhadap aspek lingkungan Atmosfir bumi, di mana unsur klor sebagai bahan perusak ozon sehingga secara kebijakan global dan kebijakan nasional telah menjadi agenda untuk dihapuskan. Secara diagram perbedaan refrigeran sintetis R-22 dengan penggantinya yaitu propane/hidrokarbon (Hidayat 2012).

Diantara refrigeran alam seperti, Amonia (NH<sub>3</sub>), Karbondioksida (CO<sub>2</sub>), Hidrokarbon (HC) dalam aplikasinya dengan pertimbangan ekonomi (murah). Refrigeran hidrokarbon lebih banyak digunakan sebagai pengganti refrigeran CFC : R12, HCFC : R-22 dan HFC : R-134a, penggunaan selain jenis tersebut masih terbatas. Refrigeran Hidrokarbon (HC) merupakan salah satu refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon. Ditinjau dari aspek energi, pendingin penggunaan refrigeran hidrokarbon dapat menurunkan penggunaan energi. Kondisi seperti inilah yang menjadi daya tarik dan potensi yang bermanfaat untuk digunakan secara lebih luas di masyarakat.

Sedangkan berdasarkan cara refrigeran mentransferkan kalornya terbagi menjadi 2 macam, yaitu refrigeran primer dan sekunder.

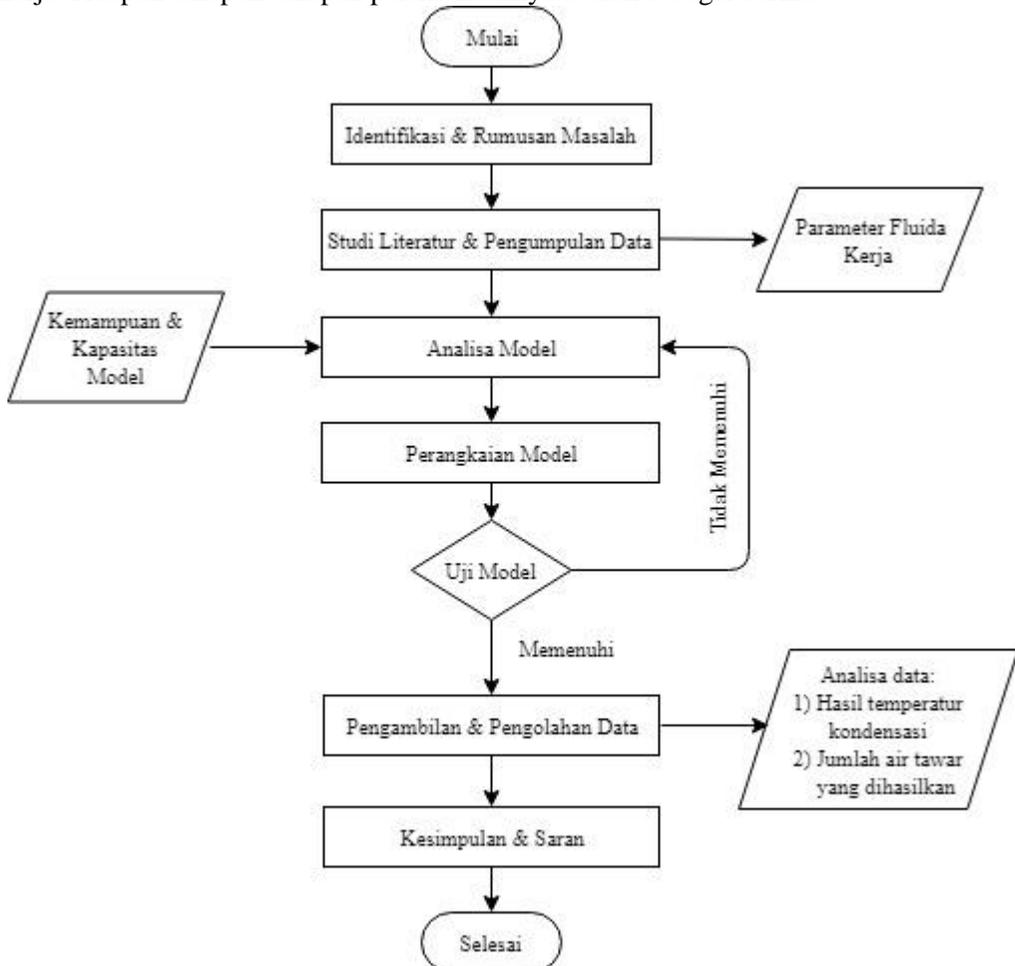
1. Refrigeran primer merupakan refrigeran yang digunakan dalam sistem kompresi uap. Refrigeran ini mentransfer kalor melalui mekanisme perubahan fasanya.
2. Refrigeran sekunder merupakan refrigeran yang mampu mentransfer kalor tanpa mengalami perubahan fasanya, namun melalui sirkulasinya ke seluruh rangkaian sistem atau yang umum disebut cairan anti beku/*antifreeze* atau *brines*/larutan garam. Air dapat digunakan sebagai refrigeran sekunder, namun hanya untuk kondisi operasi di atas titik beku air. Refrigeran sekunder yang umum digunakan adalah campuran garam dan air (*brine*) atau anti beku yang mempunyai titik beku di bawah 0°C. Beberapa anti beku yang umum digunakan adalah campuran air dengan etilen glikol, propilen glikol, dan kalsium klorida. Keuntungan yang bisa didapatkan selain dari harganya yang murah karena, refrigeran sekunder seperti etilen glikol contohnya dapat digunakan dalam industri makanan karena tidak beracun.

Dalam penelitian akan dilakukan eksperimentasi variasi penggunaan fluida kerja pada sistem AWG menggunakan refrigeran sekunder, yaitu larutan etilen glikol, propilen glikol, dan kalsium klorida. Yang menjadi pertimbangan terbesar karena pada sistem AWG tidak didukung oleh kemampuan komponen berupa kompresor untuk mengompresi refrigeran primer seperti pada peralatan pendingin konvensional yang lain. Selain itu refrigeran sekunder dinilai masih cukup efektif dalam mendistribusikan kalor serta mampu membantu menurunkan suhu suatu sistem karena bisa menurunkan titik beku larutan pada konsentrasi tertentu dibawah titik beku air. Hal ini akan sangat membantu dalam proses penyerapan kalornya serta tidak terkendala pada masalah pembekuan fluida kerja saat harus bekerja dibawah 0 °C.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini berupa uji eksperimentasi hasil pertimbangan maupun analisa yang dijadikan sebagai parameter pemilihan jenis fluida kerja. Adapun tahapan-tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian  
(Sumber: Arsip Pribadi)

#### 3.1 Identifikasi & Rumusan Masalah

Dalam tahap awal penyelesaian tugas akhir ini dilakukan pengidentifikasian permasalahan yang hendak dibahas. Kemudian permasalahan tersebut dirumuskan dalam menentukan ketercapaian penelitian. Batasa permasalahan juga disusun untuk mengarahkan ketercapaian penelitian menjadi lebih fokus dan mendetail.

Pengidentifikasian permasalahan dimulai dari keterbatasan akan ketersediaan air tawar untuk menunjang keperluan air bagi konsumsi tubuh saat harus mengevakuasikan diri keluar dari kapal menggunakan *lifeboat* dan menunggu kedatangan tim penyelamat

yang tidak menentu waktunya. Dalam mengatasi hal tersebut, jumlah air tawar yang mampu disuplai oleh AWG pun masih belum cukup untuk mengakomodir kebutuhan air bagi 20 orang dari kapasitas *lifeboat* yang direncanakan. Pengoptimalisasian sistem kerja AWG ataupun perancangan sistem baru perlu dilakukan untuk menghasilkan ketercapaian sistem yang lebih baik dalam mengakomodir kebutuhan tersebut. Optimalisasi AWG lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan merancang sistem baru karena hanya perlu mengidentifikasi kekurangan ataupun pengembangan yang mampu dilakukan. Tentunya berbagai modifikasi peningkatan ketercapaian sistem AWG harus divalidasi menggunakan metode pengujian. Beberapa modifikasi yang dapat dilakukan antara lain:

1. Mengganti material *heatsink* dengan material lain yang memiliki nilai konduktivitas termal lebih tinggi dari aluminium.
2. Merancang sistem sirkulasi pendingin pada ruang penyebaran panas dibagian kanan dan kiri AWG menggunakan udara kondensasi pada ruang tengah.
3. Memperluas luas permukaan pipa tembaga yang bersentuhan dengan udara sebagai media pengkondensasian.
4. Mengganti fluida kerja pada rangkaian pipa tembaga dengan fluida kerja yang memiliki titik beku lebih rendah.
5. Mengatur suplai tegangan pada pompa untuk mengukur debitnya dalam mendistribusikan fluida kerja.

Sehingga dalam penelitian ini dilakukan pengujian berupa variasi penggunaan fluida kerja untuk peningkatan sistem AWG. Oleh karenanya, dihasilkan rumusan masalah berupa parameter seperti apa yang digunakan untuk memilih jenis fluida kerja yang paling optimal untuk diimplementasikan pada sistem ini serta bagaimana peningkatan hasil peforma dari sistem AWG setelah dilakukan penggantian jenis fluida kerja yang digunakan.

### **3.2 Studi Literatur & Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dikumpulkan berbagai studi literatur terkait penggunaan fluida kerja dalam sistem kondensasi udara sebagai referensi untuk menunjang penelitian. Studi literatur yang dijadikan referensi dapat berupa buku, jurnal, tugas akhir, hingga media pembelajaran lainnya yang melakukan pembahasan serupa. Data-data yang didapat kemudian disusun untuk menetapkan parameter dalam menentukan fluida kerja yang akan diuji. Parameter-parameter tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Faktor yang mempengaruhi proses kondensasi suatu sistem.
2. Jenis dan sifat/karakteristik fluida kerja yang sesuai dengan perangkat komponen AWG.
3. Nilai penghantar panas yang dimiliki fluida kerja

### **3.3 Analisa Model**

Tahapan penganalisaan model ditujukan untuk menilai kembali fluida kerja yang hendak diuji terhadap pengimplementasiannya pada AWG sebelum diekperimentasikan untuk diambil datanya. Hal ini ditujukan untuk mempertimbangkan aspek pengoperasian sistem agar tidak ada yang menghambat kerja sistem nantinya. Di lain sisi, tahapan ini juga bertujuan untuk mempertahankan variabel penelitian dengan

penelitian sebelumnya agar menghasilkan perbandingan yang seimbang terkait variabel-variabel yang diterapkan.

### 3.4 Perangkaian Model

Dalam tahap ini dilakukan perakitan model secara keseluruhan lantaran *prototype* pada penelitian sebelumnya sudah tidak dapat digunakan kembali. Banyak tahapan yang harus dilalui sampai secara utuh model digunakan untuk pengambilan data penelitian nantinya. Tidak lupa model harus melalui uji coba setelah selesai dirakit untuk memastikan tidak ada kendala yang muncul nantinya saat penelitian berlangsung. Tahapan-tahapan perakitan tersebut diawali dari mencetak ulang kerangka alat (*chasing*), mengumpulkan alat dan bahan perakitan model, perakitan model, hingga melakukan uji coba alat.

#### 3.4.1 Alat dan Bahan Penyusun Model

Sebelum dilakukannya perakitan model, terlebih dahulu disiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk membangun model. Berikut ini adalah alat-alat dan bahan-bahan yang digunakan untuk merakit model, antara lain:

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penyusun Model  
(Sumber: Arsip Pribadi)

No.	Nama Alat & Bahan	Gambar Alat	Keterangan
1.	<i>Chasing</i> Akrilik		Berperan sebagai kerangka alat untuk mempertahankan bentuk model. Dimensi dari kerangka ini sendiri mengikuti dimensi dari <i>prototype</i> pada penelitian sebelumnya.
2.	Pipa Tembaga		Berfungsi sebagai penangkap udara lembab untuk selanjutnya dikondensasikan menjadi buti-butir air melalui transfer panas antara udara dengan fluida kerja di dalamnya (media pengkondensasi udara) Diameter: 0,25 Inch Ketebalan: 0,030 Inch

3.	<i>Flexible Hose</i>		Ditujukan untuk menyambungkan rangkaian pipa tembaga dengan <i>waterblock</i> supaya menjadi lebih mudah dan tidak terjadi hambatan aliran fluida kerja di dalam rangkaian sistem nantinya
4.	<i>Waterblock Aluminium</i>		Bertujuan segala media pendingin untuk mentransfer suhu dingin dari TEC ke fluida kerja dan pipa tembaga (media mendinginkan fluida kerja)
5.	<i>Waterblock Tembaga</i>		Bertujuan segala media pendingin untuk mentransfer suhu dingin dari TEC ke fluida kerja dan pipa tembaga (media mendinginkan fluida kerja)
6.	<i>Thermoelectric Cooler</i>		Bertujuan sebagai pendingin pada <i>waterblock</i> dan fluida kerja dalam pipa tembaga dengan menghasilkan penurunan suhu melalui penyerapan dan pendistribusian kalor dari ruang pengkondensasian ke ruang penyebaran panas di sisi kanan dan kiri AWG untuk dilepaskan ke udara bebas

7.	Pompa		<p>Berberan dalam mendistribusikan fluida kerja ke seluruh rangkaian pipa tembaga untuk mentransferkan suhu dingin yang diterima <i>waterblock</i> dari TEC ke seluruh permukaan pipa tembaga melalui aliran fluida kerja</p>
8.	Higrometer		<p>Berfungsi untuk mengukur <i>humidity ratio</i> (RH) dan temperatur udara di dalam ruang pengkondensasian</p>
9.	Kipas		<p>Ditujukan untuk meningkatkan aliran udara bebas yang masuk ke dalam ruang penkondensasian melalui putaran kipas dan selanjutnya dikondensasi oleh pipa tembaga</p>
10.	<i>Heatsink</i>		<p>Berperan sebagai media penyebaran panas <i>heatpipe</i> yang diterima dari TEC agar mempercepat proses pendinginannya dan meningkatkan kemampuan kalor transfer TEC sehingga menghasilkan penurunan suhu yang lebih rendah</p>

11.	<i>Power Supply</i>		<p>Berfungsi sebagai media penyimpan dan penyalur daya listrik dari sumber ke seluruh komponen elektronik pada sistem AWG, seperti TEC, pompa, dan kipas</p>
12.	Kabel		<p>Ditujukan untuk menghantarkan aliran listrik yang disimpan <i>power supply</i> ke komponen elektronik dalam rangkaian</p>
13.	Termal Pasta		<p>Berperan sebagai media penghantar kalor antara TEC dengan <i>heatsink</i></p>
14.	<i>Coolant</i>		<p>Berfungsi sebagai fluida kerja untuk menerima dan menyalurkan suhu dingin dari <i>waterblock</i> ke seluruh permukaan pipa tembaga</p>

15.	Klem Pipa		Ditujukan untuk memperkuat sambungan rangkaian pipa dengan pompa dan <i>heatsink</i>
16.	Multimeter Analog		Berperan untuk mengukur tegangan rangkaian untuk beroperasi pada tegangan yang ditargetkan karena alat ini dapat mengukur voltase (V), kuat arus (A), dan hambatan (R) dari suatu komponen
17.	Termometer Higrometer		Berfungsi untuk mengukur <i>humidity ratio</i> (RH) dan temperatur udara bebas yang berada di lingkungan

18	Termometer Inframerah		Ditujukan untuk mengukur suhu dari titik-titik komponen dalam rangkaian sistem yang hendak diukur suhunya
19.	<i>Tachometer</i>		Berperan untuk mengukur besar putaran dari kipas yang dihasilkan
20.	<i>Anemometer</i>		Berfungsi untuk mengukur kuat aliran udara yang melalui kipas

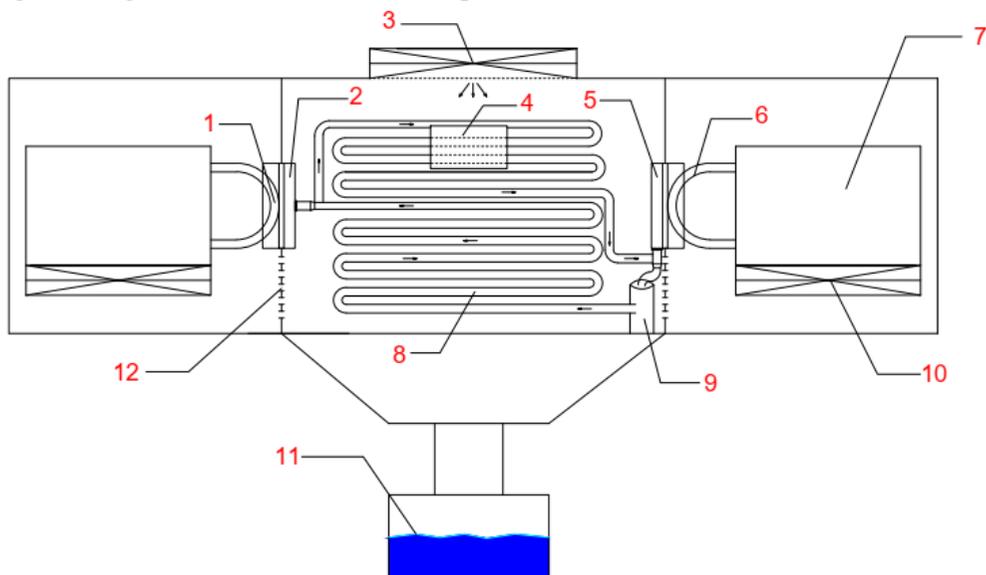
21.	Gelas Ukur		Ditujukan untuk mengukur volume dari suatu objek, seperti air tawar yang dihasilkan AWG
22.	Timbangan Digital		Berperan untuk mengukur massa suatu objek supaya bisa disesuaikan dengan kebutuhan
23.	Air Distilasi		Berfungsi sebagai pelarut dari suatu zat kimia sehingga bisa dimasukkan ke dalam rangkaian pipa tembaga dan didistribusikan oleh pompa

24.	Etilen Glikol ( $C_2H_6O_2$ )		Ditujukan sebagai bahan pembuatan larutan antifreeze untuk mengganti fluida kerja dalam sistem AWG
25.	Propilen Glikol ( $C_3H_8O_2$ )		Berperan sebagai bahan pembuatan larutan antifreeze untuk mengganti fluida kerja dalam sistem AWG
26.	Kalsium Klorida ( $CaCl_2$ )		Befungsi sebagai bahan pembuatan larutan antifreeze untuk mengganti fluida kerja dalam sistem AWG

27.	<i>Glue Gun &amp; Glue Gun Stick Refill</i>		Ditujukan untuk merekatkan setiap bagian akrilik saat dirakit menjadi AWG, serta untuk mengisolasi rangkaian alat dari lingkungan
-----	---	---	---

### 3.4.2 Prosedur Perangkaian Model

Untuk mempermudah perakitan model, proses pengerjaannya dilakukan berdasarkan beberapa langkah kerja. Prosedur ini dimulai dengan merakit komponen AWG dari bagian dalam hingga ke bagian terluar. Proses pembuatan fluida kerja yang hendak diuji merupakan langkah yang paling awal karena nantinya akan mengisi rangkaian pipa tembaga yang menjadi bagian terdalam dari sistem ini. Langkah-langkah kerja dalam perakitan model adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Rangkaian AWG  
(Sumber: Arsip Pribadi)

1. Pembuatan fluida kerja yang hendak diuji pada rangkaian alat AWG. Fluida kerja dibuat dengan melarutkan bahan pembuat fluida kerja dengan air distilasi dengan komposisi sesuai yang direncanakan.
2. Merakit *chasing* AWG untuk memposisikan peletakkan komponen lain yang hendak disusun. Perakitan kerangka menggunakan perekat dari *Glue Gun* dan *Glue Gun*

*Stick Refill* agar menghasilkan sambungan akrilik yang kokoh serta mengisolasi rangkaian alat AWG dari pengaruh kondisi lingkungan.

3. Membentuk dan memposisikan rangkaian pipa tembaga sehingga mampu menangkap udara lembab dengan optimal dalam kerangka alat AWG (8).
4. Menghubungkan rangkaian pipa tembaga dengan *waterblock* (2&5) dan pompa (9) menggunakan *flexible hose* yang dikencangkan dengan klem pipa. Penggunaan *flexible hose* ini tidak boleh sampai terlalu banyak ataupun menimbulkan tekukan. Karena dapat mengurangi efektifitas fluida kerja dalam mendistribusikan penurunan suhu yang diterima dari *waterblock* dan TEC, selain itu dapat menimbulkan hambatan terhadap aliran fluida kerja.
5. Memasukkan fluida kerja yang sudah dibuat ke dalam rangkaian pipa tembaga pada AWG (8). Saat mengisi fluida kerja ke dalam rangkaian pipa harus terisi penuh tanpa meninggalkan gelembung udara di dalamnya. Karena gelembung udara yang terperangkap di dalam dapat mengurangi efektifitas fluida kerja dalam mendistribusikan penurunan suhu yang diterima dari *waterblock* dan TEC. Pengisian dilakukan dengan mensirkulasikan fluida kerja dari wadah penyimpanan ke rangkaian pipa menggunakan pompa sistem. Kemudian menambahkan kembali fluida kerja ke dalam rangkaian pipa sambil menghisap udara yang terperangkap secara manual menggunakan alat seperti jarum suntik perlahan-lahan. Sehingga memastikan tidak ada gelembung udara yang terperangkap di dalam rangkaian pipa.
6. Merakit *heatsink* dan *heatpipe* dengan kipas (6, 7, & 10).
7. Menempelkan rangkaian *heatsink* dengan TEC menggunakan termal pasta (1). Posisi TEC harus dipastikan dengan sisi dingin TEC yang menghadap ke ruang kondensasi dan sisi panasnya menempel dengan *heatsink*.
8. Memposisikan TEC yang sudah terhubung dengan heatsink pada kerangka alat AWG (1, 6, 7, 10). Pastikan TEC yang sudah terhubung dengan *heatsink* menempel dengan *waterblock* tanpa adanya ruang kosong yang tersisa. Karena dapat mengurangi distribusi suhu dingin dari sisi TEC ke *waterblock*.
9. Memasang higrometer pada *chasing* akrilik AWG (4).
10. Memasang kipas pada *chasing* akrilik AWG di bagian atas ruang pengkondensasian.
11. Merangkai instalasi listrik sistem dengan menghubungkan kabel dari komponen elektronik (TEC, pompa, dan kipas) ke sirkuit untuk selanjutnya disambungkan dengan *power supply*.
12. Menyediakan gelas ukur/wadah penampung air tawar yang dihasilkan AWG di bagian bawah (11).
13. Mengulangi langkah kerja yang sama saat mengganti fluida kerja yang hendak diuji secara bergantian.

Sebelum dilakukannya eksperimentasi dan pengambilan data, rangkaian medol akan diuji coba untuk memastikan tidak ada kendala yang timbul nantinya. Tentunya dalam proses ini diusahakan untuk tidak menimbulkan ketidakakuratan percobaan akibat faktor-faktor eksternal yang muncul.

### 3.5 Uji Model

Setelah rangkaian model sudah selesai disusun, selanjutnya dilakukan pengujian dari variasi penggunaan fluida kerja untuk memvalidasi hasil ketercapaian yang diharapkan dalam mendapatkan hasil peningkatan performa AWG. Model akan

dioperasikan sebagai sebuah sistem dengan dilakukan pengamatan pada beberapa parameter yang sudah ditentukan untuk memvalidasi hasil penelitian. Adapun beberapa langkah kerja pengujian yang dilakukan pada setiap variasinya sebagai berikut:

1. Mengukur tegangan rangkaian sistem untuk beroperasi pada tegangan yang direncanakan. Rangkaian sistem dioperasikan terlebih dahulu dengan menghubungkan *power supply* ke sumber daya. Kemudian menghubungkan sensor pembacaan *multimeter* pada *power supply* dengan kutub-kutub yang sesuai. Aliran tegangan yang didistribusikan *power supply* akan diatur untuk disesuaikan dengan tegangan yang direncanakan. Besar tegangan yang terdistribusi diatur dengan memutar *controller port* pada *power supply* ke arah yang menghasilkan distribusi tegangan lebih besar ataupun lebih kecil pada pembacaan *multimeter*.
2. Melakukan pengukuran terhadap parameter yang sudah ditentukan sebelum atau sesudah rangkaian dioperasikan dengan benar untuk dilakukan pengambilan data. Pengambilan data sebelum rangkaian model dioperasikan dilakukan hanya bila memerlukan data kondisi awal sebelum pengoperasian.
3. Melakukan pengambilan data pada setiap interval waktu yang ditetapkan selama pengoperasian rangkaian model.
4. Mencatat data yang diperoleh selama pengambilan data serta mendokumentasikan proses pengujian sebagai bukti pelaksanaan eksperimen.
5. Mengulangi langkah kerja yang sama saat mengganti fluida kerja yang hendak diuji secara bergantian.

### **3.6 Pengambilan & Pengumpulan Data**

Pada tahapan ini, data yang telah diperoleh dari hasil eksperimen akan dianalisa dan diolah untuk menilai hasil capaian performa kerjanya. Pengambilan data-data yang diperlukan untuk analisa hasil capaian penelitian berupa temperatur hasil kondensasi serta jumlah air tawar yang dihasilkan. Selanjutnya data-data tersebut akan dibandingkan satu sama lainnya untuk melihat performa yang dihasilkan.

### **3.7 Kesimpulan & Saran**

Tahap ini dilakukan penyusunan pertimbangan terkait kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta kekurangan yang perlu dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Dari data hasil eksperimen, ditentukan jenis fluida kerja yang menghasilkan performa yang paling optimal pada sistem AWG sebagai kesimpulan akhir dari penelitian. Serta berbagai aspek yang dapat dikembangkan kedepannya akan dijadikan saran dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Dew Point Temperature

Pada proses pengkondensasian udara menjadi air akan erat hubungannya dengan *dew point temperature* (DPT), karena kondisi ini tercapainya titik temperatur yang dapat merubah udara menjadi butir-butir air. Dalam pengukuran DPT pada berbagai wilayah didasarkan pada nilai kelembapan dan suhu udara bebas pada kondisi tersebut. Besar DPT akan sama dengan besar suhu lingkungan pada suatu waktu dan wilayah tertentu saat nilai kelembapannya mencapai 100%. Dilain sisi, *relative humidity* (RH) menyatakan banyaknya massa uap air yang terkandung pada satu satuan udara tersebut (gr/kg) dan umumnya dinyatakan dalam persentase.

Berdasarkan data yang dihimpun dari BMKG Stasiun Meteorologi Juanda dari bulan Januari 2017 sampai dengan bulan Juni 2019 didapatkan rata-rata kelembapan udara dan suhu di daerah Surabaya dan sekitarnya adalah 77,46% dan 28,07 °C. Data lengkap terkait kelembapan dan suhu udara dapat dilihat pada tabel berikut:

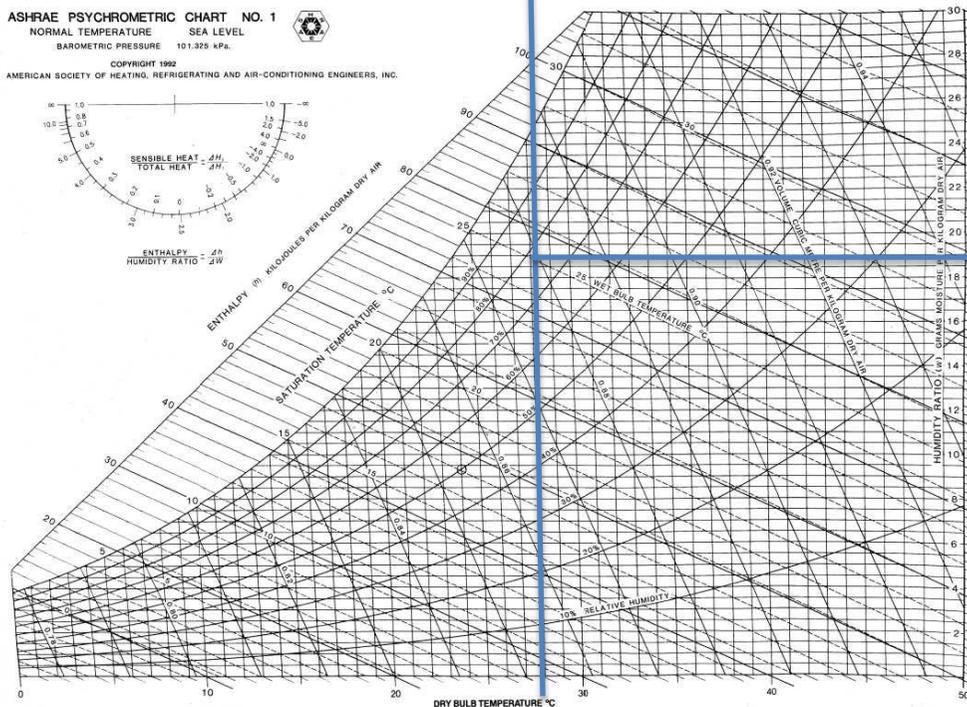
Tabel 4. 1 Data Kelembapan dan Suhu Udara BMKG Juanda

Bulan	Suhu (oC)			<i>Relative Humidity/RH</i> (%)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Tahun	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Januari	27,57	27,69	27,84	83,84	81,61	82,13
Februari	27,67	27,21	27,97	82,21	83,07	82,00
Maret	27,93	27,64	27,68	81,45	83,29	83,70
April	28,24	28,96	28,40	81,33	77,00	83,27
Mei	28,65	28,75	28,52	75,94	74,48	77,50
Juni	27,98	27,91	27,19	78,40	75,97	76,26
Juli	27,48	26,66	-	75,06	74,26	-
Agustus	27,25	26,67	-	71,87	71,90	-
September	28,33	28,05	-	70,10	68,30	-
Oktober	29,77	29,35	-	70,00	67,00	-
November	28,26	29,51	-	80,00	73,50	-
Desember	28,05	29,03	-	81,00	77,29	-
Rata-rata	28,07			77,46		

(Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, 2019)

Pada tabel 4.1 menunjukkan nilai kelembapan dan suhu udara di sekitar Stasiun Juanda setiap bulannya dari tahun 2017 sampai dengan tahun 2019. Adapun data pada bulan Juli tahun 2019 sampai dengan tahun yang sama masih belum tersedia karena baru dipublikasikan setiap akhir bulan. Dari rata-rata kedua nilai tersebut dapat ditentukan nilai DPT untuk wilayah Surabaya dan sekitarnya melalui pembacaan Diagram Psikometri. Dengan memasukkan nilai rata-rata kelembapan dan suhu udara

pada pembacaan diagram tersebut, dapat diketahui besar nilai DPT rata-rata untuk wilayah yang sama. Pembacaan Diagram Psikometri untuk pembacaan nilai DPT yang dihasilkan adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Diagram Psikometri  
 (ASHRAE, 2015)

Gambar 4.1 menunjukkan nilai DPT rata-rata yang didapatkan dari pembacaan Diagram Psikometri setelah nilai kelembapan dan suhu udara rata-rata, yaitu 19 °C dengan *humidity ratio* 22,5 gr/kg. Dapat dipahami bahwa pada suhu tersebut udara sudah mencapai keadaan saturasi (jenuh). Dalam keadaan saturasi tersebut, uap air yang terkandung pada udara akan mengembun dan berubah wujud menjadi butiran-butiran air bila mengalami pelepasan kalor. Apabila kondisi lingkungan disekitar udara bisa diatur untuk memiliki suhu yang sama hingga lebih kecil dari nilai DPT tersebut, kalor yang dimiliki udara akan terserap menuju ke lingkungan. Perpindahan kalor ke luar dari udara ini akan mengembun uap air yang terkandung dalam udara menjadi butiran-butiran air dan proses kondensasi bisa tercipta.

#### 4.2 Data Hasil Eksperimentasi

Dalam melakukan pengujian eksperimentasi terhadap model yang telah ditentukan, dihimpun data hasil pengujian sebagai bahan analisa penelitian. Model yang pertama diuji adalah model yang menggunakan larutan Etilen Glikol, dilanjutkan dengan larutan Propilen Glikol, dan terakhir larutan Kalsium Klorida. Durasi pengujiannya sendiri dilakukan selama 7 jam (420 menit) penuh dengan dilakukan pengambilan data setiap 15 menit serta besar tegangan rangkaian sistem keseluruhan sebesar 12 V. Pengujian dilakukan Workshop Laboratorium *Marine Machinery & System* (MMS), Dept. Sistem Perkapalan FTK-ITS. Data hasil pengujian semua model ini merupakan hasil rata-rata dari keseluruhan data yang dikumpulkan pada setiap variasinya, sehingga dapat dilihat pada tabel berikut:

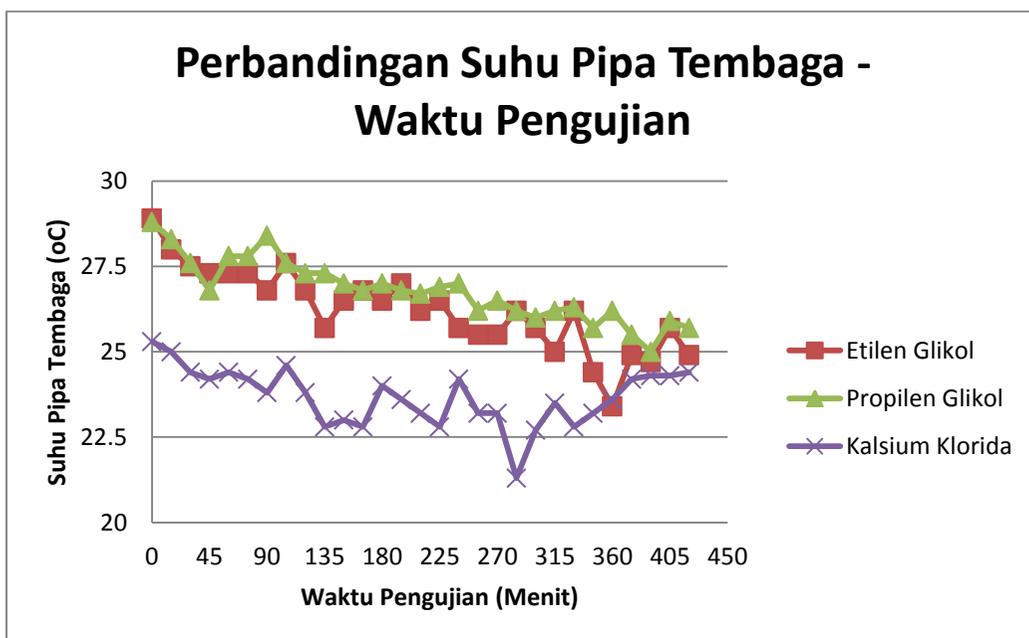
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Parameter Pengukuran		Etilen Glikol	Propilen Glikol	Kalsium Klorida
RH R. Kondensasi		57,66	59,79	60,69
Suhu R. kondensasi		18,05	19,63	18,02
RH Lingkungan		61	62	64
Suhu Lingkungan		26,94	26,99	27,22
Waterblock	Hot side (kiri)	27,83	28,34	24,90
	Hot side (kanan)	30,17	30,70	26,85
	Cold side (kiri)	26,27	26,93	23,84
	Cold side (kanan)	26,38	27,38	24,10
Heatsink	(kiri)	29,35	29,40	26,32
	(kanan)	31,29	32,32	28,33
Heat pipe	(kiri)	27,58	27,88	24,41
	(kanan)	28,62	29,87	26,57
Pipa Tembaga		26,22	26,80	23,68
Flowrate Kipas Heatsink	(kiri)	1,51	1,56	1,52
	(kanan)	0,64	0,65	0,60
Flowrate Kipas R. Kondensasi		2,20	2,19	2,29
RPM Kipas R. Kondensasi		1767,82	1816,61	1757,04
Water Capacity		31,5	29,8	23

Dari tabel 4.2 menunjukkan larutan Etilen Glikol mampu menghasilkan jumlah air tawar yang paling banyak dibandingkan dengan kedua fluida kerja yang lain, yaitu sebesar 31,5 mL. Namun penurunan suhu baik pada pipa tembaga maupun ruang kondensasi dengan tingkat RH yang paling tinggi dibandingkan dengan fluida kerja yang lain dihasilkan melalui larutan Kalsium Klorida.

### 4.3 Analisa Hasil Eksperimentasi

Pada pengujian variasi penggunaan fluida kerja pada implementasinya di AWG ini digunakan data-data berupa kelembapan dan suhu lingkungan, kelembapan dan suhu ruang pengkondensasian AWG, suhu pada *heatsink* dan *heat pipe*, suhu pada *waterblock*, dan suhu pada pipa tembaga. Dalam setiap data didapatkan menunjukkan perubahan nilai yang fluktuatif namun tetap pada suatu pola yang pasti. Analisa terhadap penilaian ini akan digunakan untuk menentukan ketercapaian penelitian. Berikut ini adalah grafik perbandingan suhu pada pipa tembaga selama proses pengujian berlangsung yang dibandingkan satu sama lain dari masing masing variasi fluida kerja, yaitu:

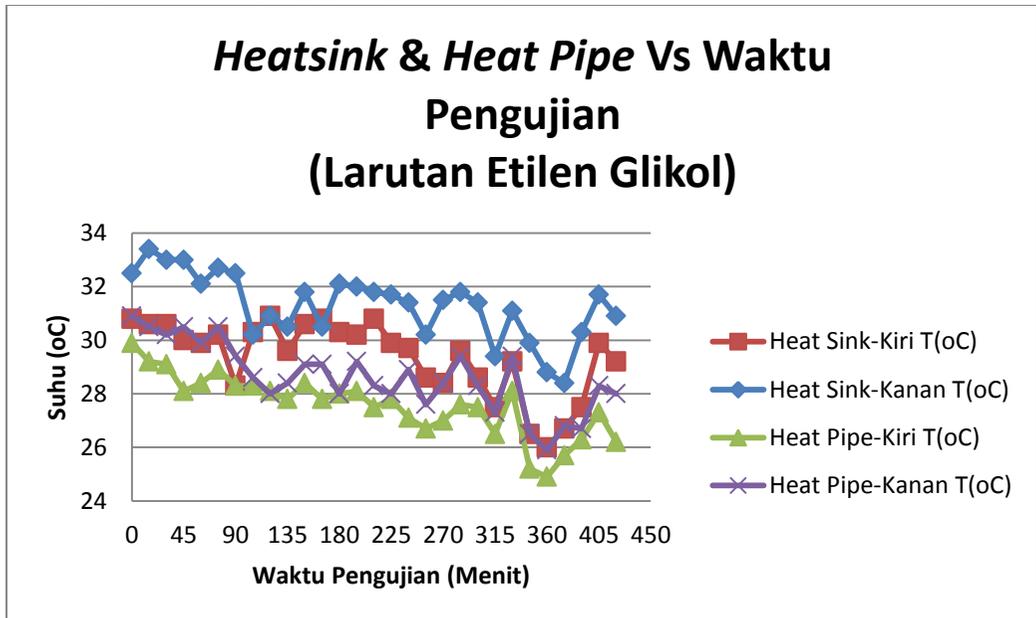


Gambar 4.3. 1 Grafik Hubungan Suhu Pipa Tembaga dengan Waktu Pengujian  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Pada grafik 4.3.1 diatas menunjukkan perubahan nilai suhu yang fluktuatif terhadap lama waktu pengujian. Seperti terlihat pada grafik, semua variasi fluida kerja mampu menurunkan suhu dari pipa tembaga selama proses pengujian dilakukan. Larutan Kalsium Klorida mampu mendinginkan pipa tembaga sampa pada suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan fluida kerja yang lain. Namun larutan Etilen Glikol yang mampu menghasilkan air kondensasi yang lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan suhu pada pipa tembaga tidak selalu selaras dengan jumlah hasil air yang terkondensasi

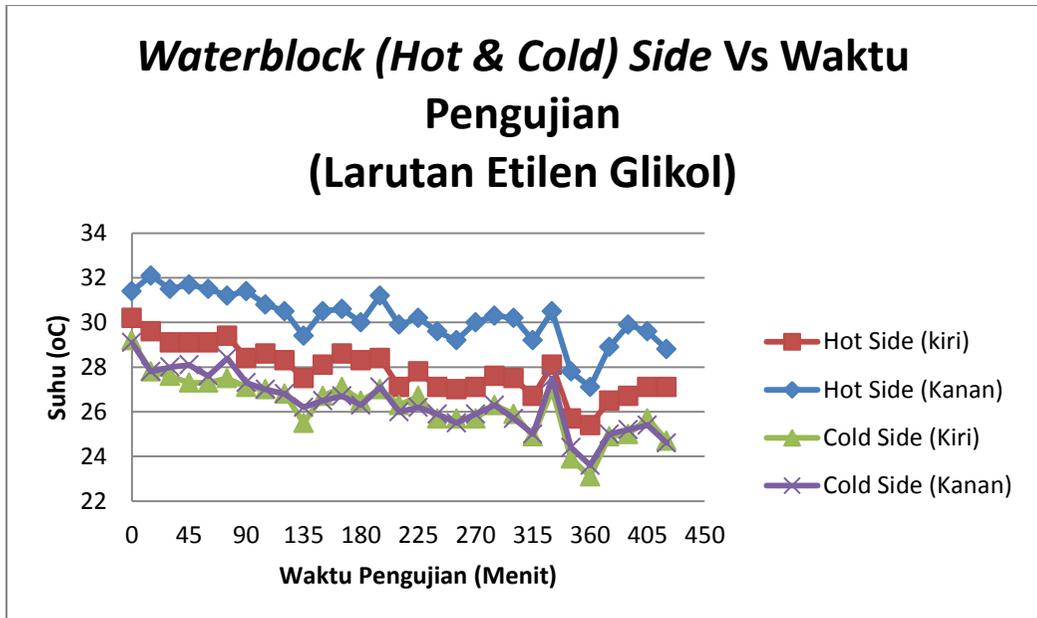
#### 4.3.1 Variasi Eksperimen Penggunaan Larutan Etilen Glikol ( $C_2H_6O_2$ )

Pada pengujian menggunakan larutan Etilen Glikol sebagai fluida kerja pada AWG, didapatkan grafik hubungan suhu pada *heatsink-heat pipe* dengan *waterblock*. Grafik dibawah ini menunjukkan data perubahan suhu dari *heatsink* dan *heat pipe* terhadap lama waktu pengujian, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.3.1. 1 Grafik Hubungan Suhu *Heatsink-Heat Pipe* terhadap Waktu  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Dari gambar grafik 4.3.1.1 diatas menunjukkan perubahan nilai suhu yang fluktuatif dari *heatsink* maupun *heat pipe*, namun memiliki pola yang terus menurun sepanjang waktu pengujian. Sehingga dapat diketahui bahwa proses pendinginan sisi panas TEC berjalan dengan baik. Selanjutnya grafik dibawah ini memperlihatkan data perubahan suhu yang terjadi pada *waterblock* dengan fluida kerja yang tetap, yaitu sebagai berikut:

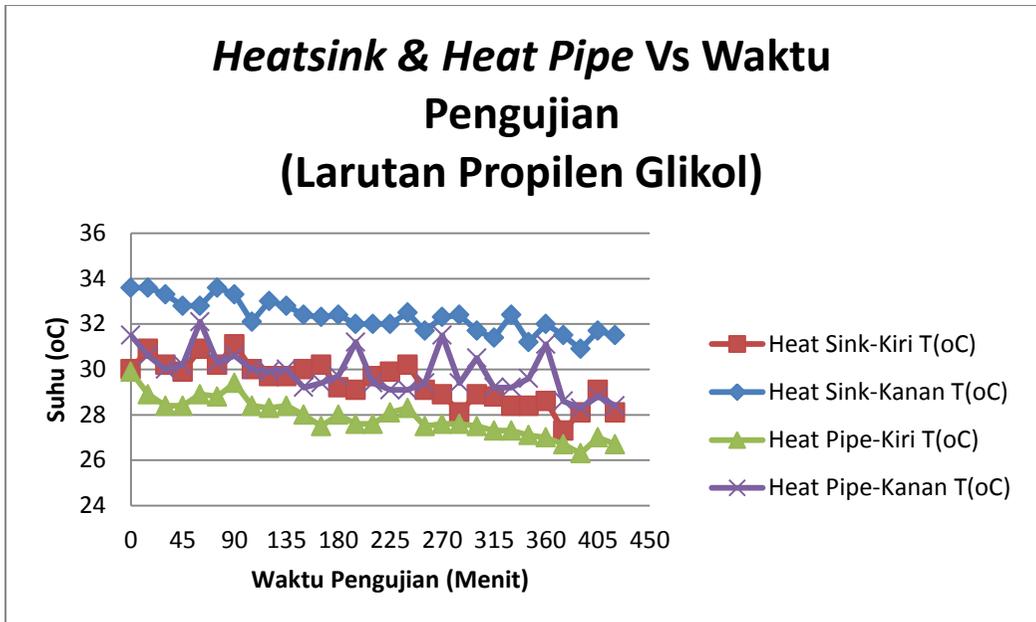


Gambar 4.3.1. 2 Grafik Hubungan Suhu *Waterblock* terhadap Waktu  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Pada grafik 4.3.1.2 diatas menunjukkan pula perubahan nilai suhu yang fluktuatif namun memiliki pola terus menurun sepanjang pengujian. Hal ini menandakan bahwa penyerapan penurunan suhu dari sisi dingin TEC ke *waterblock* berjalan dengan baik karena suhunya yang juga semakin menurun. Hasil ini selaras dengan penurunan suhu pada bagian *heatsink* dan *heat pipe*, karena semakin baik proses pendinginan sisi panas TEC akan menghasilkan penurunan suhu yang semakin dingin pada sisi lainnya untuk proses kondensasi udara.

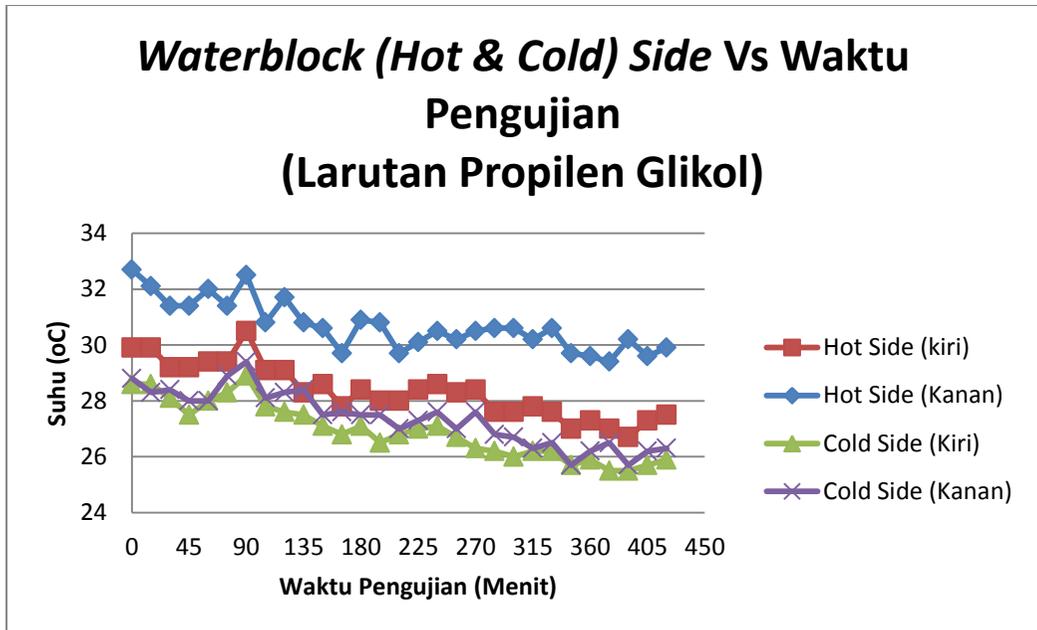
#### 4.3.2 Variasi Eksperimen Penggunaan Larutan Propilen Glikol ( $C_3H_8O_2$ )

Dalam pengujian menggunakan larutan Propilen Glikol, didapatkan grafik hubungan suhu pada *heatsink-heat pipe* dengan *waterblock*. Grafik dibawah ini menunjukkan data perubahan suhu dari *heatsink* dan *heat pipe* terhadap lama waktu pengujian, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.3.2. 1 Grafik Hubungan Suhu *Heatsink-Heat Pipe* terhadap Waktu  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Dari grafik 4.3.2.1 diatas memperlihatkan perubahan nilai suhu yang fluktuatif dari *heatsink* maupun *heat pipe*, namun memiliki pola yang terus menurun sepanjang waktu pengujian. Sehingga dapat disimpulkan bahwa proses pendinginan sisi panas TEC berjalan dengan baik pula. Selanjutnya grafik dibawah ini memperlihatkan data perubahan suhu yang terjadi pada *waterblock* dengan fluida kerja yang tetap, yaitu sebagai berikut:

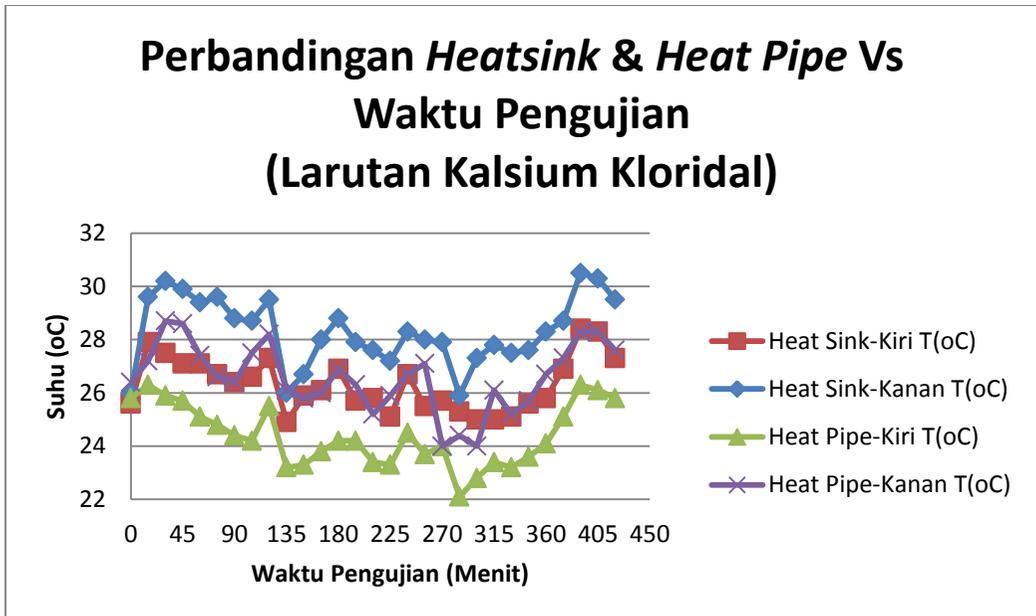


Gambar 4.3.2. 2 Grafik Hubungan Suhu *Waterblock* terhadap Waktu  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Pada grafik 4.3.2.2 diatas memperlihatkan perubahan nilai suhu yang fluktuatif namun memiliki pola terus menurun sepanjang pengujian. Hal ini menandakan bahwa penyerapan penurunan suhu dari sisi dingin TEC ke *waterblock* berjalan dengan baik karena suhunya yang juga semakin menurun. Hasil ini selaras dengan penurunan suhu pada bagian *heatsink* dan *heat pipe*, karena semakin baik proses pendinginan sisi panas TEC akan menghasilkan penurunan suhu yang semakin dingin pada sisi lainnya untuk proses kondensasi udara.

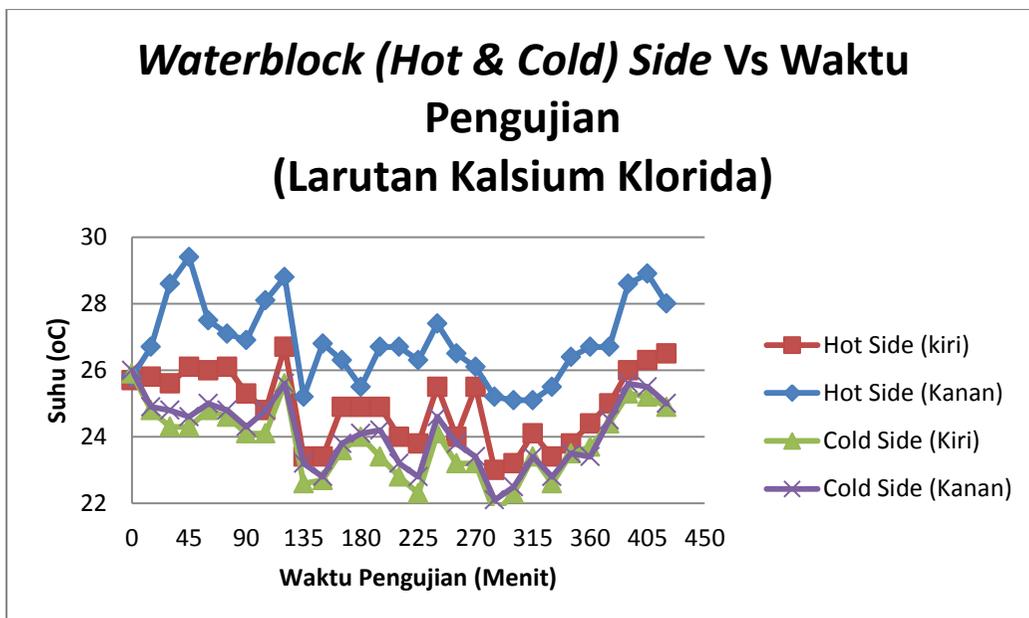
#### 4.3.3 Variasi Eksperimen Penggunaan Larutan Kalsium Klorida ( $\text{CaCl}_2$ )

Dalam pengujian menggunakan larutan Kalsium Klorida, didapatkan grafik hubungan suhu pada *heatsink-heat pipe* dengan *waterblock*. Grafik dibawah ini menunjukkan data perubahan suhu dari *heatsink* dan *heat pipe* terhadap lama waktu pengujian, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.3.3. 1 Grafik Hubungan Suhu *Heatsink*-*Heat Pipe* terhadap Waktu  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Dari grafik 4.3.3.1 diatas memperlihatkan perubahan nilai suhu yang fluktuatif dari *heatsink* maupun *heat pipe*, namun memiliki pola yang sebelumnya menurun namun kembali naik sepanjang waktu pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa proses pendinginan sisi panas TEC tidak berjalan dengan optimal lantaran terjadi peningkatan nilai suhu pada *heatsink* dan *heat pipe*. Selanjutnya grafik dibawah ini memperlihatkan data perubahan suhu yang terjadi pada *waterblock* dengan fluida kerja yang tetap, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.3.3. 2 Grafik Hubungan Suhu *Heatsink-Heat Pipe* terhadap Waktu  
(Sumber: Arsip Pribadi)

Pada grafik 4.3.2.2 diatas memperlihatkan perubahan nilai suhu yang fluktuatif namun memiliki pola yang sama seperti pada *heatsink* dan *heat pipe*, yaitu menurun kemudian meningkat hingga sepanjang pengujian. Hal ini menandakan bahwa penyerapan penurunan suhu dari sisi dingin TEC ke *waterblock* tidak berjalan dengan optimal karena suhunya yang juga semakin meningkat. Hasil ini selaras dengan penurunan suhu pada bagian *heatsink* dan *heat pipe*, karena semakin baik proses pendinginan sisi panas TEC akan menghasilkan penurunan suhu yang semakin dingin pada sisi lainnya untuk proses kondensasi udara ataupun sebaliknya.

#### 4.4 Perhitungan Persentase Efisiensi Model

Pada setiap pengujian variasi fluida kerja AWG memiliki nilai kelembapan dan suhu udara yang berbeda-beda. Kondisi ini nantinya akan menghasilkan nilai *humidity ratio* yang berbeda pula. *Humidity ratio* ( $w$ ) sendiri merupakan besarnya massa uap air yang terkandung dalam satuan massa udara. Nilai *humidity ratio* yang sebelumnya sudah didapatkan dari pembacaan Diagram Psikometri digunakan untuk menghitung persentase pengkondensasian air yang dihasilkan oleh setiap variasi fluida kerja. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

- ❖ Rata-rata *humidity ratio* ( $w$ ) = 22,5 gr/kg
- ❖ Kecepatan hisap kipas = 20 CFM  
= (20 x 28,32) L/min    1 CFM = 28,32 L/min

- = 566,4 L/min  
= 0,5664 m<sup>3</sup>/min
- ❖ Massa udara yang dihisap kipas = Kecepatan kipas x Massa jenis udara  
= (0,5664 x 1,2) kg/min    ρ udara = 1,2 kg/m<sup>3</sup>  
= 0,67968 kg/min
- ❖ Kapasitas air dalam udara = w x Massa udara yang dihisap kipas  
= 22,5 gr/kg x 0,67968 kg/min  
= 15,2928 gr/min  
= 15,2928 mL/min    ρ air = 1 gr/cm<sup>3</sup>  
= (15,2928 x 60) mL/jam  
= 917,568 mL/jam
- ❖ Kapasitas air yang dihasilkan = (31,5 / 7) mL/jam  
= 4,5 mL/jam
- ❖ Persentase efisiensi model  
= (Kapasitas air yang dihasilkan / Kapasitas air dalam udara) x 100 %  
= (4,5 / 917,568) x 100 %  
= 0,49093 %

Dengan membandingkan semua hasil kondensasi dari variasi fluida kerja yang dieksperimentasikan dengan humidity ratio rata-rata udara, akan didapatkan nilai efisiensi model dari setiap variasi fluida kerja yang dieksperimentasikan. Berikut ini hasil perhitungan dari efisiensi pada setiap variasinya:

Tabel 4. 3 Efisiensi Penggunaan Variasi Fluida Kerja pada AWG  
(Sumber: Arsip Pribadi)

No.	Variasi Fluida Kerja	Kapasitas Air yang Dihasilkan (mL/jam)	Efisiensi Model (%)
1.	Larutan Etilen Glikol	4,5	0,49093
2.	Larutan Propilen Glikol	4,3	0,46863
3.	Larutan Kalsium Klorida	3,3	0,35964

Dari tabel diatas menunjukkan larutan Etilen Glikol memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan fluida kerja yang lain. Hal ini juga didukung dengan jumlah air tawar yang dihasilkan dari proses pengkondensasian udara saat pengujian.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN & SARAN**

Setelah dilakukannya semua tahapan penelitian termasuk pengujian terhadap model serta pengolahan data untuk proses penganalisaan, selanjutnya adalah menarik kesimpulan pada beberapa aspek dari hasil penelitian ini. Kesimpulan dan saran pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **5.1 Kesimpulan**

Pada pengerjaan tugas akhir ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Parameter yang perlu ditentukan dalam memilih fluida kerja yang paling optimal untuk mengkondensasi udara pada *atmospheric water generator* (AWG) dalam penelitian ini antara lain:
  - Menentukan kapabilitas komponen rangkaian AWG
  - Jenis dan sifat/karakteristik fluida kerja yang sesuai dengan perangkat komponen AWG, seperti daya hantar panasnya serta viskositasnya untuk diimplementasikan dengan pompa sistem AWG
2. Peningkatan perofma AWG yang berhasil dicapai pada penelitian ini antara lain:
  - Pengimplementasian AWG pada fluida kerja lain seperti larutan Etilen Glikol, larutan Propilen Glikol, dan larutan Kalsium Klorida.
  - Sistem AWG memiliki efisiensi sebesar sebanyak 0,49093 % pada penggunaan larutan etilen glikol dengan hasil air tawar sebanyak 4,5 mL/jam.

#### **5.2 Saran**

Dengan selesainya semua tahapan pengerjaan tugas akhir ini, tidak menandakan bahwa penelitian ini sudah terselesaikan dengan sempurna. Pengembangan serta penyempurnaan tentunya senantiasa perlu dilakukan untuk meningkatkan ketercapaian pada penelitian selanjutnya. Sehingga untuk pengembangan tugas akhir selanjutnya, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini hanya membahas pengoptimalisasian peforma AWG melalui fluida kerjanya, tanpa mengoptimalkan kinerja sistem pendinginnya. Sehingga penggunaan fluida kerja yang bisa diimplementasikan pun menjadi terbatas karena kemampuan, maka untuk penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model rangkaian sistem pendingin yang lebih optimal .
2. Penelitian ini juga hanya melakukan pengujian pada 3 macam fluida kerja, oleh karenanya pada penelitian selanjutnya bisa melakukan pengujian pada jenis fluida kerja yang lain.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba Indonesia*. (2019). Retrieved April 25, 2019, from <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/factory-supply-air-condition-99-9-purity-13-6-kg-134a-refrigerant-gas-r134a-1193354716.html>
- Annas Buanasita, d. (2015). Perbedaan Tingkat Konsumsi Energi, Lemak, Cairan, dan Status Hidrasi Mahasiswa Obesitas dan Non Obesitas. *Indonesian Journal of Human Nutrition*, 2(1), 11-12.
- ASHRAE. (2015). Retrieved Juli 4, 2019, from <https://www.ashrae.org/>
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2019). Retrieved Juli 3, 2019, from <https://www.bmkg.go.id/>
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. (2019). Retrieved Juli 3, 2019, from <https://www.bmkg.go.id/>
- Putra, D. A. (2016). *Pengaruh Latihan, Pemberian Minum Air Mineral dan Susu Kedelai terhadap Keseimbangan Cairan Tubuh*. Semarang.
- Rahmawati, A. (2012). Air: Peran, Bahaya Ketidakcukupan, dan Kebutuhan Intake Ideal. p. 6.
- Setiyawan, D. (2017). *Eksperimen Penghasil Air Tawar dari Udara Menggunakan Thermoelectric Cooler untuk Kebutuhan Air Minum di Lifeboat*. Surabaya.
- Wahyuadi, T. (2012). *Pengaruh Tekanan Refrigerant pada Heat Pipe R134a dan R22 terhadap Pengkondisian Udara*. Depok.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **LAMPIRAN**

Lampiran ini terdiri dari 2 bagian, antara lain:

1. Bagian A: Dokumentasi Hasil Pengujian
2. Bagian B : Spesifikasi Komponen AWG

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LAMPIRAN: BAGIAN A  
DOKUMENTASI HASIL EKSPERIMEN**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

❖ Percobaan Menggunakan Larutan Etilen Glikol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>)

1. Gambar Tabel Pengambilan Data

Percobaan 1 (Larutan Etilen Glikol) Jemat (05/07) - 12 Volt 4 m Ts																			
No	Time	Duration	Flowrate (m/s)	RH (%)	Lingkaas T (oC)	Digital T (oC)	Waterbuck T (oC)				Heat Sink-Kiri T (oC)	Heat Sink-Kanan T (oC)	Heat Pipe-Kiri T (oC)	Heat Pipe-Kanan T (oC)	Fan Flowrate-Kiri (m/s)	Fan Flowrate-Kanan (m/s)	Copper Tube T (oC)	RPM	Water (g/s)
							Hot Side (Kiri)	Hot Side (Kanan)	Cold Side (Kiri)	Cold Side (Kanan)									
1	22:50	0		57	28.5	21.9	30.2	31.4	29.2	29.1	30.8	32.5	29.9	30.9			28.9		
2	22:45	15	2.1	57	28	20.9	29.6	32.1	27.8	27.8	30.6	33.4	29.2	30.5	1.6	0.6	2.0	1852.4	
3	23:00	30	2.2	57	28	20.1	29.1	31.5	27.6	28	30.6	33	29.1	30.2	1.7	0.7	2.1	1846.7	
4	23:15	45	2.4	57	27.8	19.8	29.1	31.7	27.3	28.1	30	33	28.1	30.5	1.6	0.6	2.1	1848.5	
5	23:30	60	2.3	58	27.8	19.8	29.1	31.5	27.3	27.6	29.9	32.1	28.4	29.9	1.5	0.7	2.1	1846.1	
6	23:45	75	2.2	57	27.8	19.8	29.4	31.2	27.5	28.4	30.2	32.7	28.9	30.5	1.5	0.7	2.1	1846.3	
7	00:00	90	2.3	58	27.5	19.4	29.4	31.4	27.1	27.3	29.3	32.5	29.3	29.4	1.7	0.7	2.0	1820.7	
8	00:15	105	2.4	57	27.5	19.1	28.6	30.8	27	27	30.3	30.2	28.3	28.6	1.5	0.6	2.1	1890.8	
9	00:30	120	2.1	57	27.5	18.9	28.3	30.5	26.8	26.8	30.9	30.9	28.1	28	1.4	0.8	2.0	1825.9	
10	00:45	135	2.4	56	27.1	18.2	27.5	29.4	25.5	26.2	29.6	30.5	27.6	28.4	1.6	0.6	2.0	1822.7	
11	01:00	150	2.4	56	26.9	18.2	28.1	30.5	26.7	26.5	30.6	31.8	28.4	29.1	1.5	0.7	2.0	1825.3	
12	01:15	165	2.4	56	27.5	18.0	28.6	30.6	27.1	26.7	30.8	30.5	27.8	29.1	1.4	0.8	2.0	1824.0	
13	01:30	180	2.1	57	27.5	18.4	28.3	30	26.5	26.3	30.3	32.1	28.0	28	1.7	0.8	2.0	1822.1	
14	01:45	195	2.1	56	27.3	17.9	28.4	31.2	27	27.1	30.2	32	28.1	29.2	1.6	0.6	2.1	1835.8	
15	02:00	210	2.4	57	27	17.9	27.1	29.9	26.3	26	30.8	31.8	27.5	28.3	1.5	0.8	2.0	1824.2	
16	02:15	225	2.5	58	27	18.2	27.8	30.2	26.7	26.2	29.9	31.7	27.8	28	1.5	0.8	2.0	1825.4	
17	02:30	240	2.3	57	26.8	18.3	27.1	29.5	25.9	25.9	29.7	31.4	27.1	28.9	1.5	0.6	2.1	1825.8	315
18	02:45	255	2.2	57	26.8	17.9	27	29.2	25.7	25.5	29.6	30.2	26.7	27.6	1.5	0.7	2.0	1896.4	
19	03:00	270	2.2	59	26.8	17.4	27.1	30.0	25.7	25.9	28.4	31.5	27.0	28.4	1.6	0.7	2.0	1835.7	
20	03:15	285	2.2	60	26.8	17.4	27.6	30.3	26.3	26.3	29.6	31.8	27.6	29.4	1.7	0.6	2.0	1847.3	
21	03:30	300	2.2	60	26.8	17.5	27.9	30.2	25.9	25.7	29.8	31.4	27.5	29.9	1.5	0.8	2.1	1890.0	
22	03:45	315	2.1	60	26.3	17.3	26.7	29.2	24.9	25	27.5	29.4	26.5	27.0	1.6	0.8	2.0	1834.0	
23	04:00	330	2.3	59	26	16.8	28.1	30.5	27	27.5	29.2	31.1	28.1	29.4	1.7	0.6	2.0	1840.2	
24	04:15	345	2.3	59	25.8	16.4	25.7	27.8	23.9	24.4	26.5	29.9	25.2	26.5	1.6	0.6	2.4	1853.6	
25	04:30	360	2.1	58	25.8	16.0	25.4	27.1	23.1	23.6	26	28.8	24.9	25.9	1.7	0.5	2.3	1843.1	
26	04:45	375	2.5	58	25.5	15.8	26.5	26.9	24.9	25	26.7	28.4	25.7	26.8	1.5	0.5	2.3	1860.7	
27	05:00	390	2.3	58	25.9	15.6	26.7	29.9	24	25.2	27.5	30.3	26.9	26.7	1.4	0.6	2.1	1821.1	
28	05:15	405	2.4	58	25.8	15.4	27.1	29.6	25.7	25.4	29.9	31.7	27.3	28.3	1.4	0.7	2.1	1810.4	
29	05:30	420	2.3	58	25.5	15.0	27.1	28.8	24.7	24.6	29.2	30.9	26.2	28	1.6	0.5	2.3	1802.5	
Rata-rata			2.20	57.66	26.94	18.05	27.83	30.17	26.27	26.38	29.35	31.29	27.58	28.62	1.51	0.64	2.02	1767.82	

2. Gambar Water Capacity Hasil Percobaan



(31,5 mL)

❖ Percobaan Menggunakan Larutan Propilen Glikol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>)

1. Gambar Tabel Pengambilan Data

Percobaan 2 (Larutan Propilen Glikol) Sabtu (06/07) - 12 Volt & t = 7s																			
No	Time	Duration	Flowrate (m/s)	RH (%)	Lingkaas T (°C)	Digital T (°C)	Waterbleck T (°C)				Heat Sink-Kiri T (°C)	Heat Sink-Kanan T (°C)	Heat Pipe-Kiri T (°C)	Heat Pipe-Kanan T (°C)	Fan Flowrate-Kiri (m/s)	Fan Flowrate-Kanan (m/s)	Copper Tube T (°C)	RPM	Water (g/s)
							Hot Side (Kiri)	Hot Side (Kanan)	Cold Side (Kiri)	Cold Side (Kanan)									
1	23:20	0	2.1	58	28	22.4	29.3	32.7	28.6	28.8	30	33.6	29.9	31.5	1.7	0.7	28.8	1937.8	
2	23:45	15	2.1	58	28	22.5	29.3	32.1	28.6	28.3	30.3	33.6	29.9	30.6	1.5	0.8	28.3	1931.5	
3	00:00	30	2.1	58	27.8	21.8	29.2	31.4	28.1	28.4	30.2	33.3	29.4	30	1.6	0.7	27.6	1917.4	
4	00:15	45	2.1	58	27.8	20.8	29.2	31.4	27.5	28	29.3	32.8	28.4	30.2	0.17	0.7	26.8	1911.4	
5	00:30	60	2.1	60	27.5	20.8	29.4	32	28	28	30.3	32.8	28.3	32.1	1.5	0.6	27.8	1939.4	
6	00:45	75	2.1	60	27.5	22.1	29.4	31.4	28.3	28.3	30.2	33.6	28.8	30.3	1.7	0.5	27.8	1953.4	
7	01:00	90	2.1	60	27.5	21.8	30.5	32.5	28.3	29.4	31.1	33.3	29.4	30.6	1.6	0.6	28.4	1950.5	
8	01:15	105	2.1	58	27	21.9	29.1	30.8	27.8	28.1	30	33.1	29.4	30	1.5	0.7	27.6	1950.5	
9	01:30	120	2.1	58	27	20.4	29.1	31.7	27.6	28.3	29.7	33	28.3	29.3	1.6	0.7	27.3	1950.6	
10	01:45	135	2.1	60	27	20.3	28.3	30.8	27.5	28.4	29.7	32.8	28.4	30	1.6	0.5	27.3	1924.9	
11	02:00	150	2.1	60	27	20.4	28.6	30.6	27.1	27.5	30	32.4	29	29.2	1.6	0.6	27	1911.4	
12	02:15	165	2.1	60	27	20.6	27.8	29.7	26.4	27.6	30.2	32.3	27.5	29.4	1.6	0.6	28.8	1932.2	
13	02:30	180	2.1	60	27	20.5	29.4	30.3	27.1	27.5	29.2	32.4	28	29.7	1.7	0.6	27	1932.2	
14	02:45	195	2.1	60	27	20.1	28	30.8	26.5	27.5	29.1	32	27.6	31.2	1.7	0.7	26.8	1943.1	
15	03:00	210	2.1	60	27	19.9	28	29.7	26.8	27	29.7	32	27.6	29.4	1.6	0.6	26.7	1919	
16	03:15	225	2.2	60	27	20	28.4	30.1	27	27.3	29.3	32	28.1	29.1	1.5	0.6	26.9	1923	
17	03:30	240	2.1	60	27	20.1	29.6	30.5	27.1	27.8	30.2	32.5	28.3	29.1	1.7	0.5	27	1904	
18	03:45	255	2.1	58	26.8	19	28.3	30.2	26.7	27	28.1	31.7	27.5	29.4	1.5	0.7	26.2	1911.1	
19	04:00	270	2.1	58	26.8	18.8	28.4	30.5	26.3	27.6	28.9	32.3	27.6	31.5	1.7	0.7	26.5	1915.7	
20	04:15	285	2.1	58	26.8	18.7	27.6	30.6	26.2	26.8	28.1	32.4	27.6	29.4	1.7	0.6	26.2	1922.3	
21	04:30	300	2.1	60	26.8	18.5	27.6	30.6	26	26.7	28.3	31.7	27.5	29.3	1.5	0.6	26	1914	
22	04:45	315	2.1	60	26.5	18.4	27.8	30.2	26.2	26.3	28.5	31.4	27.3	29.2	1.6	0.6	26.2	1924.5	
23	05:00	330	2.1	60	26.5	18.3	27.6	30.6	26.2	26.5	28.4	32.4	27.3	29.2	1.6	0.7	26.3	1923.2	
24	05:15	345	2.1	58	26.5	17.8	27	29.7	25.7	25.7	28.4	31.2	27.1	29.6	1.6	0.6	25.7	1916.9	
25	05:30	360	2.1	61	26.5	17.4	27.3	29.6	25.9	26.2	28.6	32	27	31.1	1.7	0.6	26.2	1920.3	
26	05:45	375	2.1	61	26.5	17.1	27	29.4	25.5	26.5	27.3	31.5	26.7	28.6	1.6	0.7	25.5	1923.2	
27	06:00	390	2.1	61	26.5	16.7	26.7	30.2	25.5	25.7	28.1	30.9	26.3	29.3	1.7	0.6	25	1919.2	
28	06:15	405	2.1	61	26	16.4	27.3	29.6	25.7	26.2	28.1	31.7	27	28.8	1.6	0.7	25.9	1905.9	
29	06:30	420	2.1	61	26.5	16.4	27.5	29.3	25.9	26.3	28.1	31.5	26.7	28.4	1.6	0.7	25.7	1910.8	
Rata-rata			2.19	58.79	26.89	19.63	28.34	30.70	26.93	27.38	28.40	32.32	27.88	28.87	1.56	0.65	26.80	1916.61	29.8

2. Gambar Water Capacity Hasil Percobaan



(29,8 mL)

❖ Percobaan Menggunakan Larutan Kalsium Klorida (NaCl)

1. Gambar Tabel Pengambilan Data

No	Time	Duration	Flowrate (ml/s)	RH (%)	Liehtung as T(°C)	Digital T(°C)	Waterblock T(°C)				Heat Sink-Kiri T(°C)	Heat Sink-Kanan T(°C)	Heat Pipe-Kiri T(°C)	Heat Pipe-Kanan T(°C)	Fan Flowrate-Kiri (m/s)	Fan Flowrate-Kanan (m/s)	Copper Tube T(°C)	RPM	Water (g/h)
							Hot Side (Kiri)	Hot Side (Kanan)	Cold Side (Kiri)	Cold Side (Kanan)									
1	00:00	0			53	25	211	25.7	25.9	25.9	26	25.6	26	25.8	25.4	0		25.3	0
2	00:15	15	2.3	60	60	27.8	20.5	25.8	26.7	24.8	24.9	27.9	23.6	26.3	27.2	14	0.7	25	1915.3
3	00:30	30	2.3	60	60	27.5	19.6	25.6	26.6	24.3	24.8	27.5	23.2	25.9	28.7	16	0.5	24.4	1923.1
4	00:45	45	2	60	60	27.5	19.3	26.1	23.4	24.3	24.6	27.1	23.9	25.7	28.6	16	0.6	24.2	1922.4
5	00:00	60	2.3	60	60	27	18.2	26	27.5	24.8	25	27.1	23.4	25.1	27.4	17	0.5	24.4	1914.6
6	02:15	75	2.3	60	60	27	18.1	26.1	27.1	24.6	24.8	26.7	23.6	24.8	26.6	16	0.6	24.2	1923
7	02:30	90	2.2	60	60	27	17.9	25.9	26.9	24.1	24.3	26.4	23.8	24.4	26.4	17	0.7	23.8	1921.6
8	02:45	105	2.5	60	60	26.5	17.8	24.8	28.1	24.1	24.8	26.6	23.7	24.2	27.5	15	0.5	24.6	1914.8
9	03:00	120	2.4	60	60	26.5	17.8	26.7	28.8	25.6	25.6	27.3	23.5	25.5	28.2	16	0.5	23.8	1914.1
10	03:15	135	2.4	60	60	26	18	23.4	25.2	23.6	23.2	24.9	26	23.2	26.1	16	0.8	22.8	1916.7
11	03:30	150	2.5	60	60	26	17.9	23.4	26.6	22.7	22.8	25.9	26.7	23.9	25.8	15	0.6	23	1913.4
12	03:45	165	2.5	60	60	26	17.9	24.3	26.3	23.6	23.8	26.1	28	23.8	26	15	0.6	22.8	1918.2
13	04:00	180	2.5	60	60	26	17.8	24.3	25.5	24	24.1	26.9	23.8	24.2	26.9	15	0.6	24	1921.1
14	04:15	195	2.4	60	60	26	17.8	24.3	26.7	23.4	24.2	25.7	27.9	24.2	26.3	15	0.5	23.6	1916.2
15	04:30	210	2.4	60	60	27	17.6	24	26.7	22.8	23.2	25.8	27.6	23.4	25.2	17	0.5	23.2	1923.8
16	04:45	225	2.3	63	63	27	17.4	23.8	26.9	23.9	23.8	26.1	27.2	23.9	25.9	18	0.6	22.8	1927.8
17	05:00	240	2.2	62	62	27	16.4	25.5	27.4	24.1	24.6	26.7	23.3	24.5	26.7	16	0.7	24.2	1925.3
18	05:15	255	2.3	61	61	27	16.2	24	26.5	23.2	23.8	25.5	28	23.7	27.1	17	0.6	23.2	1921.5
19	05:30	270	2.3	61	61	27	15.9	25.5	26.1	23.2	23.4	25.7	27.9	24	24	16	0.6	23.2	1912.4
20	05:45	285	2.3	61	61	27	15.9	23	25.2	21.7	22.1	25.3	25.9	22.1	24.4	15	0.5	21.3	1922.9
21	06:00	300	2.4	61	61	27	15.6	23.2	25.1	23.3	23.5	25	27.3	22.6	24	15	0.7	23.7	1918.8
22	06:15	315	2.4	62	62	27.5	16	24.1	25.1	23.4	23.4	25	27.8	23.4	26.1	15	0.7	23.5	1919.5
23	06:30	330	2.5	62	62	27.5	16.2	23.4	25.5	22.6	22.8	25.1	27.5	23.2	25.2	15	0.7	22.8	1912.6
24	06:45	345	2.5	61	61	27.5	16	23.8	26.4	23.5	23.5	25.6	27.6	23.6	25.7	17	0.7	23.2	1920
25	07:00	360	2.3	62	62	28	16.6	24.4	26.7	23.7	23.4	25.4	26.9	24.1	26.7	17	0.7	23.6	1912.2
26	07:15	375	2.4	61	61	28	16.2	25	26.7	24.4	24.5	26.9	26.7	25.1	27.3	15	0.6	24.2	1917.4
27	07:30	390	2.5	61	61	29	20.2	26	28.6	25.3	25.6	28.4	30.5	26.3	28.3	16	0.7	24.3	1920.9
28	07:45	405	2.5	62	62	29	22.2	26.3	28.9	25.2	25.5	28.3	30.3	26.1	28.3	15	0.7	24.3	1920.6
29	08:00	420	2.3	61	61	29	22.4	26.5	28	24.9	25	27.5	28.5	25.8	27.6	15	0.6	24.4	1919.4
Rata-rata			2.23	60.69	27.22	18.02	24.90	26.85	23.84	24.10	26.32	28.33	24.41	26.57	15.2	0.60	23.68	1917.04	

2. Gambar Water Capacity Hasil Percobaan



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LAMPIRAN: BAGIAN B  
SPESIFIKASI KOMPONEN AWG**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

❖ Spesifikasi *Thermoelectric Cooler* (TEC)**Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.****Thermoelectric  
Cooler****TEC1-12706****Performance Specifications**

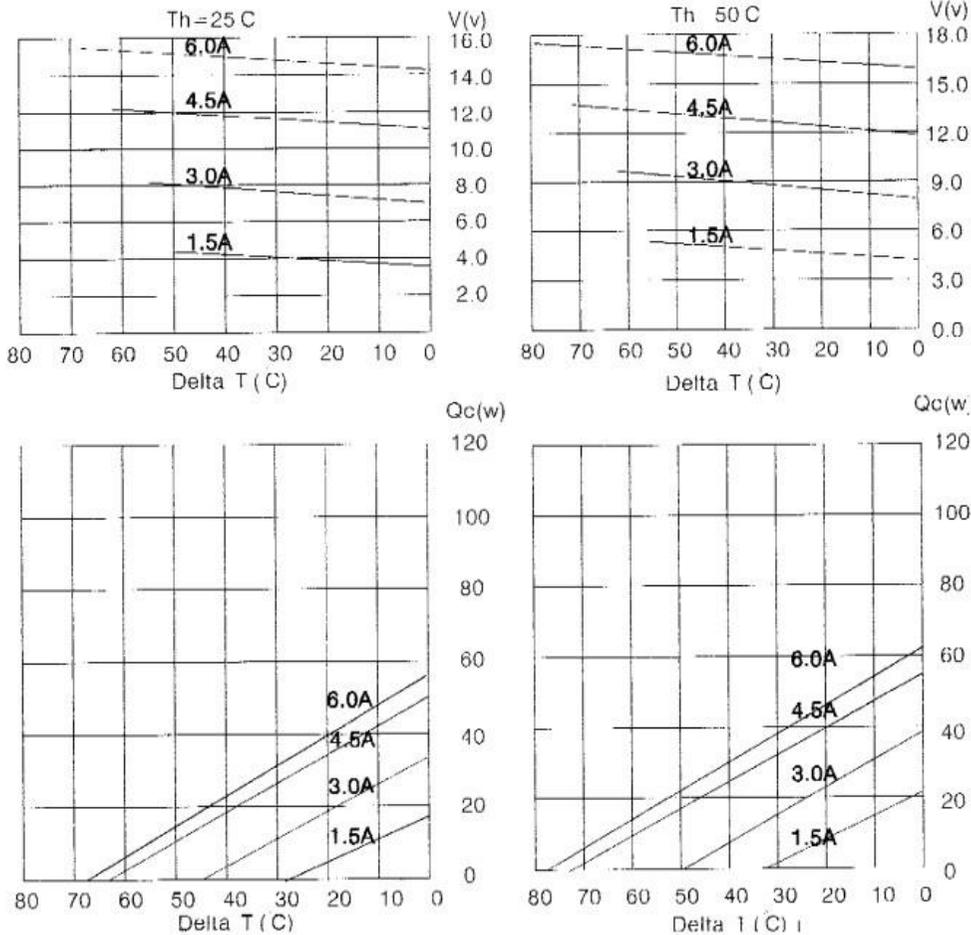
Hot Side Temperature (°C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (°C)	66	75
I <sub>max</sub> (Amps)	6.4	6.4
V <sub>max</sub> (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30





**TEC1-12706**

Performance curves:

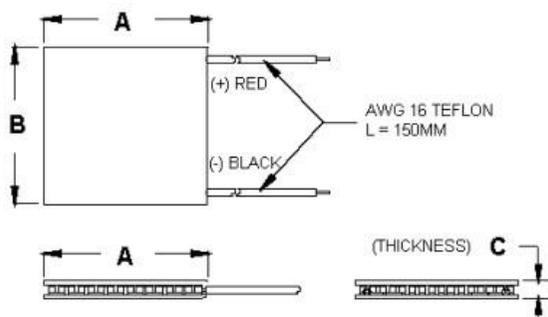




Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.

Thermoelectric  
Cooler

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 Panel Surya



**aleo**

Powerful projects

**P19**  
285 - 295 W

QUALITY SIGNED AND SEALED  
CE TÜV SÜD

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

**PID FREE**  
PID tested with excellent results under the harshest conditions

**25 YEARS LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**

**12 YEARS PRODUCT WARRANTY**

**CRAFTED WITH PASSION**

**CONSTANTLY HIGH CELL QUALITY**  
through strict quality examinations by high-resolution electroluminescence and infrared measurements

  
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	$\eta$ [%]	17.3	17.6	18.0	Front sheet	Solar glass (TSG)
Electrical values measured under standard test conditions (STC): 1000 W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5					Back sheet	Polymer sheet, white
					Frame material	Al alloy, silver

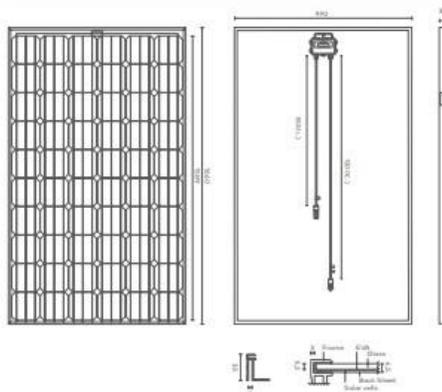
ELECTRICAL DATA (NOCT)		P19_285	P19_290	P19_295
Power	$P_{MPP}$ [W]	208	212	215
Voltage	$V_{MPP}$ [V]	28.4	28.4	28.4
Current	$I_{MPP}$ [A]	7.33	7.45	7.59
Open-circuit voltage	$V_{OC}$ [V]	36.1	36.2	36.2
Short-circuit current	$I_{SC}$ [A]	7.87	7.93	7.99
Efficiency	$\eta$ [%]	15.8	16.1	16.4
Electrical values measured under nominal operating conditions of cells: 800 W/m <sup>2</sup> , 20°C, AM 1.5; wind 1 m/s NOCT: 48°C (nominal operating cell temperature)				

TEMPERATURE COEFFICIENTS			
Temperature coefficient $I_{SC}$	$\alpha (I_{SC})$ [%/K]		+0.05
Temperature coefficient $V_{OC}$	$\beta (V_{OC})$ [%/K]		-0.25
Temperature coefficient $P_{MPP}$	$\gamma (P_{MPP})$ [%/K]		-0.40

BASIC DATA JUNCTION BOX	
Length x width x height	[mm] 148 x 123 x 27
IP class	IP67
Cable length	[mm] 1200 (+), 800 (-)
Connectors	PV-JM601
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

## DIMENSIONS [MM]



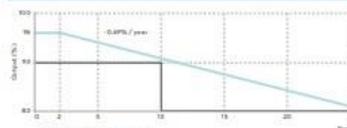
CERTIFICATIONS AND WARRANTY	
Product Guarantee	12 years
Power Guarantee	25 years - Linear
Fire Resistance	Class C
Protection Against Electric Shock	III
Certifications	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ IEC 61215, IEC 61730-1/-2</li> <li>§ IEC 62716 - Ammonia Resistance</li> <li>§ IEC 61701 - Salt mist Resistance</li> <li>§ IEC 62804 - PID Resistance</li> <li>§ MCS 01Q, MCS 005</li> </ul>

LOADS	
Max. module pressure load	[Pa] 5400*
Max. module suction load	[Pa] 2400*
Max. system voltage	[V <sub>DC</sub> ] 1000
Reverse current load	$I_R$ [A] 20

Mechanical load acc. to IEC/EN 61215  
\* Please observe the mounting conditions in the installation manual

ADDITIONAL ELECTRICAL DATA		
Reduction of STC efficiency from 1000 W/m <sup>2</sup> to 200 W/m <sup>2</sup>	[%] rel.	< 2
Classification range (positive classification)	[W]	0/+4.99

## PERFORMANCE GUARANTEE



● aleo linear guarantee  
● traditional step guarantee

PLEASE CONTACT YOUR AUTHORISED ALEO DEALER

❖ Spesifikasi *Maximum Power Point Tracking* (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

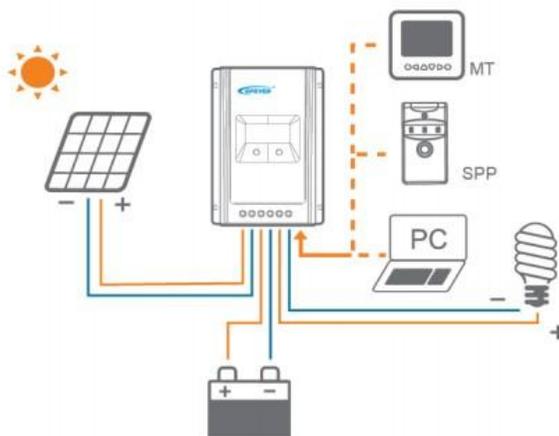


### Electronic protections:

- 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)
- 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 :



#### 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 <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )	6AWG(16mm <sup>2</sup> )
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

❖ 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			Cold Cranking Amps			Rated Cap. Amp. Hrs			Minutes of Discharge		
		Length in mm	Width in mm	Height in mm	lb	kg	68° F	32° F	0° F	20 Hr Rate	25 Amps	15 Amps	8 Amps	25 Amps	15 Amps	8 Amps			
<a href="#">GPL-11T</a> 	12v	7.71	195.90	5.18	132.00	6.89	175.00	24.00	10.90	325	275	215	33	50	93	185			
<a href="#">GPL-24T</a> 	12v	11.13	282.70	6.60	167.60	9.25	234.80	56.00	25.50	800	680	550	80	149	259	524			
<a href="#">GPL-27T</a> 	12v	13.09	332.50	6.60	167.60	9.25	234.80	65.00	29.50	845	715	575	100	186	324	655			
<a href="#">GPL-31T</a> 	12v	12.90	327.80	6.75	171.30	9.27	235.50	69.00	31.40	880	750	600	105	195	340	688			
<a href="#">GPL-30HT</a> 	12v	13.46	342.00	6.77	172.00	11.95	304.00	96.00	43.50	1000	850	700	150	315	555	1120			

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

GPL-24T, GPL2400T, GPL27T,  
GPL-2700T, GPL-31T, GPL-3100T

GPL-4DL, GPL-8DL

GPL-4DA, GPL-8DA

GPL-4CT, GPL-6CT, GPL-1400T

GPL-U1T

##### Terminal Types

Marine Terminal (Copper Alloy)

Pos Terminal=M10 & Neg Terminal =M8

L-Blade Terminal (Solid Copper) w/M8 Hardware

A- SAE Post Automotive (Lead Alloy)

M8 Threaded Insert (Copper Alloy)

M6 Threaded Insert (Copper Alloy)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Alfaatan Muhammad Dimiyati yang lahir di Bekasi tanggal 16 Juni 1997. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Muhammad Dimiyati dan Lucy Widoretno. Selama hidupnya penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Jarimurni III Bekasi, SD Negeri Lubang Buaya 04 Pagi Jakarta, SMP Negeri 109 Jakarta, dan SMA Negeri 48 Jakarta. Pada tahun 2015 penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK-ITS melalui jalur SMNPTN. Selama menjalani masa perkuliahannya, penulis aktif dalam berbagai kegiatan Himpunan Jurusan seperti menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (2015-2019), Staff Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMASISKAL (2016-2017), Staff Divisi Acara pada kepanitiaan Marine Icon 2017 (2016-2017), Ketua Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMASISKAL (2017-2018), Ketua Departemen Operasional pada kepanitiaan Marine Icon 2018 (2017-2018), Bendahara Laboratorium Marine Machinery and System (MMS) (2018-2019). Selama di ITS, penulis juga menunjang soft skillnya dengan mengikuti beberapa pelatihan seperti kaderisasi dalam bidang pelatihan yaitu Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) dan pelatihan Pekan Karya Ilmiah Gagasan Tertulis (PKM-GT) HIMASISKAL. Pada tahun 2017, penulis melakukan kegiatan Kerja Praktik pertama di PT Janata Marina Indah – Semarang dan tahun 2018 kembali melakukan kegiatan Kerja Praktik kedua di PT. Dirgantara Indonesia (PERSERO) - Bandung. Penulis juga menjadi salah satu penerima Beasiswa Karya Salemba Empat (KSE) mulai dari tahun ke dua perkuliahannya hingga tahun terakhir.

**Alfaatan Muhammad Dimiyati**

alfaatanmd@gmail.com

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*