

SKRIPSI

**ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA SISI PANAS
THERMOELECTRIC COOLER PADA *ATMOSPHERIC WATER
GENERATOR***

Disusun dan diajukan oleh :

A.ARDY AMAN

NIM: D021 18 1004



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

SKRIPSI

**ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA SISI PANAS
THERMOELECTRIC COOLER PADA *ATMOSPHERIC WATER
GENERATOR***

Disusun dan diajukan oleh :

A.ARDY AMAN

NIM: D021 18 1004



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN**ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA SISI PANAS
THERMOELECTRIC COOLER PADA ATMOSPHERIC WATER
GENERATOR**

Disusun dan diajukan oleh

A.ARDY AMAN
NIM. D021 18 1004

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal **20 februari 2023**
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT.
NIP. 19680301 199702 2 001



Prof. Dr-Ing Ir. Wahyu H Piarah, MSME
NIP. 19600302 198609 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin Haddada, S.T., M.T.
NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : A.Ardi aman
NIM : D021181004
Program Studi : Teknik Mesin
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

Analisis Laju Aliran Udara Sisi Panas Thermoelectric Cooler pada Atmospheric Water Generator

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 20 Februari 2023

Yang Menyatakan



A.Ardi Aman

ABSTRAK

A.AARDI AMAN. *ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA SISI PANAS THERMOELECTRIC COOLER PADA ATMOSPHERIC WATER GENERATOR* (dibimbing oleh Zuryati Djafar dan Wahyu H. Piarah)

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang diperoleh dari berbagai sumber, tergantung pada kondisi dan daerah setempat. Kondisi sumber daya air bersih pada setiap daerah berbeda-beda. Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya sumber daya air, ketersediaan sumber daya air mencapai 15.500imeter kubik perkapita pertahun.

Angka ini jauh di atas rata-rata dunia yang hanya mencapai 8.000meter kubik per tahun. Meskipun begitu, Indonesia masih mengalami kelangkaan air bersih. Kelangkaan air bersih di Indonesia dapat diatasi dengan memanfaatkan sumber air bersih yang baru dan inovatif seperti pada udara lingkungan (atmosfer), Indonesia merupakan negara yang lembap dengan rata rata kelembaban yaitu 75% sampai 85%.

Maka dari itu sangat memungkinkan untuk menghasilkan air dari udara lingkungan (atmosfer). Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan seberapa besar potensi atmosfer Indonesia sebagai penghasil air alternatif dengan membuat suatu alat Atmospheric Water Generator berbasis thermoelectric cooler dengan memanfaatkan coil tembaga sebagai pengkondensasi air. Dari penelitan dan Analisa yang dilakukan, Atmospheric Water Generator mampu menghasilkan air 7.7 ml / jam pada kondisi lingkungan pesisir pantai dengan RH 82,6%.

Kata Kunci: *Thermoelectric cooler, Atmospheric Water Generator, water block, coil tembaga, kondensasi, air*

ABSTRACT

A.ARDI AMAN. *ANALISIS LAJU ALIRAN UDARA SISI PANAS THERMOELECTRIC COOLER PADA ATMOSPHERIC WATER GENERATOR* (dibimbing oleh Zuryati Djafar dan Wahyu H. Piarah)

Clean water is one of the basic human needs obtained from various sources, depending on local conditions and areas. The condition of clean water resources in each region is different. Indonesia is one of the countries rich in water resources, the availability of water resources reaches 15,500 cubic meters per capita per year. This figure is far above the world average of only 8,000 cubic meters per year.

Even so, Indonesia is still experiencing a scarcity of clean water. The scarcity of clean water in Indonesia can be overcome by utilizing new and innovative sources of clean water such as environmental air (atmosphere), Indonesia is a humid country with an average humidity of 75% to 85%.

Therefore it is possible to produce water from the air environment (atmosphere). This study aims to show how big the potential of the Indonesian atmosphere as an alternative water producer by making an Atmospheric Water Generator based on a thermoelectric cooler by utilizing a copper coil as a water condenser. From the research and analysis, the Atmospheric Water Generator is able to produce water 7.7 ml / hour at 82,6% humidity coastal environmental conditions.

Kata Kunci: Thermoelectric cooler, Atmospheric Water Generator, water block, Copper coil, condensation, water

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PISTAKA.....	4
2.1 Atmosfer	4
2.1.1 Troposfer	4
2.1.2 Stratosfer	4
2.1.3 Mesosfer	4
2.1.4 Termosfer	5
2.2 <i>Thermoelectric</i>	5
2.2.1 <i>Thermoelektrik Cooler</i>	6
2.3 Efek <i>Thermoelectric</i>	6
2.3.1 Efek Seebeck	6
2.3.2 Efek Peltier	7
2.4 <i>Heatsink</i>	7
2.5 <i>Heatpipe</i>	8
2.6 <i>Waterblock</i>	9
2.7 Kelembaban Udara	9

2.7.1 Kelembaban Mutlak	9
2.7.2 Kelembaban Relatif.....	10
2.8 Kondensasi.....	10
2.8.1 Kondensasi <i>Film (filmwise condensation)</i>	10
2.8.2 Kondensasi Tetes (<i>dropwise condensation</i>).....	11
2.9 Perpindahan Panas	12
2.9.1 Perpindahan Panas Konduksi	12
2.9.2 Perpindahan Panas Konveksi	13
2.10 Efisiensi	13
2.10.1 Laju Aliran Massa Udara.....	13
2.10.2 Kondisi Udara Masuk dan Keluar	14
2.10.3 Dew Point	15
2.10.4 <i>Contact Factor</i> dan <i>Bypass Factor</i>	16
2.10.5 Efisiensi dan <i>Coefficient of Performance</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Metode Penelitian	19
3.3 Variable Penelitian.....	19
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	20
3.5 Skema Rancangan Instalasi Pengujian dan Sistem Pengukuran.....	28
3.6 Prosedur Penelitian	29
3.7 Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.8 Analisis Data.....	31
3.8.1 Analisis Penentuan Waktu Penelitian.....	32
3.8.2 Analisis Penentuan Tegangan Terbaik Untuk TEC	32
3.8.3 Analisis Penentuan Variasi Terbaik	32
3.9 Rencana dan Jadwal Penelitian.....	33
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Analisis Hasil Penelitian	34
4.2 Analisis Data dan Perhitungan.....	36
4.3. Pembahasan.....	39
4.3.1 Perbandingan Jumlah Kapasitas Air dan Efisiensi.....	40

4.3.2 Perbandingan Kecepatan Kipas Pendingin & Jumlah <i>Thermoelectric Cooler</i> (TEC)	42
4.3.3 Perbandingan Lingkungan Laboratorium, Pesisir Pantai, & Daerah Pemukiman.	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Cara kerja Thermoelectric	5
Gambar 2	Efek Seebeck yang ditimbulkan oleh perbedaan suhu ke dua logam A dan B	7
Gambar 3	Efek Peltier yang ditimbulkan oleh aliran listrik dari logam A ke B	7
Gambar 4	<i>Heatsink</i>	8
Gambar 5	<i>Heatpipe</i>	8
Gambar 6	<i>waterblock</i>	9
Gambar 7	Kondensasi <i>Film</i>	11
Gambar 8	Kondensasi Tetes	11
Gambar 9	Skema perpindahan panas konduksi	12
Gambar 10	Skema perpindahan panas konveksi	13
Gambar 11	Modul <i>Thermoelectric</i>	20
Gambar 12	<i>Heatsink-pipe</i> pada sisi panas <i>thermoelectric cooler</i>	21
Gambar 13	<i>Coil</i> Tembaga.	21
Gambar 14	Pipa Plastik	22
Gambar 15	<i>Acrylic</i>	22
Gambar 16	Water block.	23
Gambar 17	Pompa	23
Gambar 18	<i>Fan</i>	24
Gambar 19	Termal pasta.	24
Gambar 20	Chasis dan modul National Instrument.	25
Gambar 21	Termokopel.	25
Gambar 22	Gelas Ukur	26
Gambar 23	Multimeter Digital	26
Gambar 24	Anemometer Digital	27
Gambar 25	<i>Power Supply</i>	27
Gambar 26	<i>Adaptor</i>	28
Gambar 27	Desain dan Rancangan instalasi <i>atmospheric</i> <i>water generator</i>	28
Gambar 28	Diagram alir penelitian	31

Gambar 29	Grafik Kapasitas Air Pada Pengambilan Data 240 Menit di laboratorium.....	40
Gambar 30	Grafik Kapasitas Air Pada Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman dan Pesisir Pantai	41
Gambar 31	Sejarah Temperatur TEC <i>Cold Side</i> Terhadap Waktu.....	42
Gambar 32	Sejarah Temperatur TEC <i>Hot Side</i> Terhadap Waktu.....	43
Gambar 33	Sejarah Temperatur <i>Heatsink-Pipe</i> Terhadap Waktu	44
Gambar 34	Sejarah Temperatur Pipa Tembaga Terhadap Waktu.....	45
Gambar 35	Sejarah Temperatur <i>Water Block</i> Terhadap Waktu	46
Gambar 36	Sejarah Temperatur Air Dalam <i>Coil</i> tembaga Terhadap Waktu.....	48
Gambar 37	Sejarah Temperatur Ruang Kondensasi Terhadap Waktu ..	49
Gambar 38	Sejarah Temperatur Lingkungan Terhadap Waktu	50
Gambar 39	Sejarah Temperatur TEC <i>cold side</i> Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai	51
Gambar 40.	Sejarah Temperatur <i>Hot Side</i> Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai	52
Gambar 41	Sejarah Temperatur <i>Heat Sink-Pipe</i> Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai	53
Gambar 42.	Sejarah Temperatur <i>Coil</i> Tembaga Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai	54
Gambar 43	Sejarah Temperatur <i>Water Block</i> Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai	55
Gambar 44.	Sejarah Temperatur Air pada <i>Coil</i> Tembaga Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai.....	56
Gambar 45.	Sejarah Temperatur Ruang Kondensasi Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai	57
Gambar 46.	Sejarah Temperatur Lingkungan Variasi Lingkungan Laboratorium, Daerah Pemukiman, & Pesisir Pantai	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Rencana dan Jadwal penelitian	33
Tabel 2	Tabel Hasil Penelitian modul susun tiga (<i>triple module</i> /TM)	34
Tabel 3	Tabel Hasil Penelitian di laboratorium selama 240 menit....	35
Tabel 4	Tabel Hasil Penelitian (<i>triple module</i> /TM) di berbagai lingkungan selama 240 menit	36
Tabel 5	Tabel Hasil Penelitian (<i>triple module</i> /TM) di berbagai lingkungan selama 480 menit	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Dimensi <i>Atmospheric Water Generator</i>	64
Lampiran 2.	Pembuatan alat.....	64
Lampiran 3.	kondensasi air pada pipa tembaga	65
Lampiran 4.	Pembacaan data menggunakan modul <i>National Instrument</i>	65
Lampiran 5.	Pengambilan data di laboratorium.....	66
Lampiran 6.	Pengambilan data di Pantai Tanjung Bayang.....	66
Lampiran 7.	Pengambilan data di daerah pemukiman.....	67

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
\dot{m}	Laju aliran massa
ρ	Densitas udara
A	Luas penampang
\bar{V}	Kecepatan udara masuk
P _{jwb}	Tekanan uap bola jenuh basah
P _s	Tekanan uap bola jenuh kering
T _{db}	Temperatur bola kering
T _{wb}	Temperatur bola basah
P _t	Tekanan udara
ϕ	Kelembaban relatif
w	Rasio kelembaban
T _{dp}	Temperatur dew point
w _{in}	Kelembaban relatif udara masuk
w _{out}	Kelembaban relatif udara keluar
η	Efisiensi
β	<i>Contact Factor</i>
BPF	<i>Bypass Factor</i>
Q	Kalor
P	Daya

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, bimbingan, dan kelimpahan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “**Analisis Laju Aliran Udara Sisi Panas *Thermoelectric Cooler* pada *Atmospheric Water Generator*”.**

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu bagian dari persyaratan yang perlu dipenuhi untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari peran banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dorongan, dan masukan kepada penulis sehingga pada kesempatan ini penulis dengan kerendahan hati dan rasa hormat menghaturkan rasa terima kasih kepada orang tua Bapak Marsuki dan Ibu A.Ake, dan juga kepada saudara penulis A.Yusdiaman.

Penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, terutama kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT, selaku dosen pembimbing pertama atas segala bimbingan, arahan serta masukan yang telah diberikan mulai dari penyusunan proposal sampai dengan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Dr-Ing. Ir. Wahyu H Piarah, MSME, selaku pembimbing kedua skripsi saya yang telah memberikan kritik, saran, serta bimbingan demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen dan serta staff administrasi Departemen Teknik Mesin yang telah banyak membantu penulis dalam pengurusan berkas.
4. Kedua partner penelitian penulis, Gary Anderson Gunawan dan Aswin Ashar Abdullah yang berjasa besar dari perencanaan penelitian hingga penyusunan skripsi penulis, yang selalu setia dan memberikan bantuan kepada penulis.
5. Saudara(i) seperjuangan REACTOR 2018 yang selalu ada dalam suka maupun duka sejak awal perkuliahan, terkhusus kepada, Angga Asteriasti Aji, Rizki Habibie, Ahya Adnan, Moh.Alif Fisar, serta teman-teman lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
6. Teman-teman dan kakak-kakak seperjuangan Laboratorium Mesin Pendingin dan Pemanas yang telah membantu selama masa penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Serta semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi masih memiliki banyak kekurangan, oleh sebab itu penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi perbaikan dalam skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Gowa, 20 Januari 2023

Penulis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang diperoleh dari berbagai sumber, tergantung pada kondisi dan daerah setempat. Kondisi sumber daya air bersih pada setiap daerah berbeda-beda. Semua itu tergantung pada keadaan alam dan kegiatan masyarakat yang terdapat di daerah tersebut. Saat ini, sumber daya air bersih masih bertumpu pada aspek kuantitatif dimana air bersih terlalu banyak pada musim hujan dan terlalu sedikit pada musim kemarau [1].

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya sumber daya air, ketersediaan sumber daya air mencapai 15.500 meter kubik perkapita pertahun. Angka ini jauh di atas rata-rata dunia yang hanya mencapai 8.000 meter kubik per tahun. Meskipun begitu, Indonesia masih mengalami kelangkaan air bersih [2]. Sekitar 19% penduduk Indonesia (39% dari kelompok ini adalah penduduk perkotaan) yang dapat menikmati air bersih dengan sistem perpipaan. Sedangkan di daerah pedesaan, hanya sekitar 5% penduduk desa yang menggunakan sistem perpipaan, 48% menggunakan sistem non-perpipaan, dan sisanya sebesar 47% penduduk desa menggunakan air yang bersumber dari sumur gali dan sumber air yang tidak terlindungi [3].

Kelangkaan air bersih di Indonesia dapat diatasi dengan memanfaatkan sumber air bersih yang baru dan inovatif seperti pada udara lingkungan (atmosfer), Indonesia merupakan negara yang lembab dengan rata rata kelembaban yaitu 75% sampai 85%. Maka dari itu sangat memungkinkan untuk menghasilkan air dari udara lingkungan (atmosfer). Dengan suhu rata rata $27,2^{\circ}\text{C}$ potensi uap air di atmosfer Indonesia sangatlah tinggi [4].

Salah satu metode untuk menghasilkan air bersih melalui kondensasi uap air dari atmosfer yang bisa dilakukan di negara yang lembab atau memiliki kelembaban yang tinggi seperti Indonesia. Salah satu cara mengkondensasikan uap air dari atmosfer adalah menggunakan *thermoelectric cooler* (TEC) [5].

Penelitian tentang *thermoelectric cooler* (TEC) telah dilakukan oleh Baheramsyah dkk pada tahun 2019, Prasetyo dan Wirenda pada tahun 2021, dan Azridjal A dkk pada tahun 2015. Baheramsyah dkk., membuat *atmospheric water*

generator dengan satu buah *thermoelectric cooler* (TEC) dan pipa tembaga sebagai sarana kondensasi pada sisi dingin dari *thermoelectric cooler* (TEC) dan *heatsink-pipe* pada sisi panas *thermoelectric cooler* (TEC), dengan produksi air sebesar 53ml/jam [6]. Prasetyo dan Wirenda melakukan penelitian terhadap *thermoelektrik cooler* (TEC) dengan menguji pemanfaatan *heatsink* dan *waterblock* sebagai sarana penyerapan dan pelepasan kalor di kedua sisi *thermoelectric cooler* menggunakan laju massa aliran udara dan air. Prasetyo mengatakan bahwa efisiensi tertinggi dihasilkan menggunakan *heatsink* dengan fluida udara [7]. Sedangkan Azridjal A dkk melakukan penelitian tentang aplikasi modul pendinginan termoelektrik sebagai media pendingin kotak minuman dengan menggunakan dua dan tiga termoelektrik, Azrijal A dkk mengatakan bahwa makin banyak modul TEC yang diaplikasikan makin besar beban kalor yang dapat diserap [8].

Berdasarkan tiga literatur tersebut, pembuatan *atmospheric water generator* berfokus pada laju aliran massa udara sisi panas *thermoelectric cooler* dengan variasi jumlah *thermoelectric cooler* terhadap produksi air yang dihasilkan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa masalah yang dapat dirumuskan pada kegiatan ini, yaitu:

1. Seberapa besar produksi air *atmospheric water generator* berbasis *thermoelectric cooler*?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan *fan* pendingin pada pendinginan sisi panas *thermoelektrik cooler* terhadap produksi air?
3. Bagaimana pengaruh jumlah *thermoelectric cooler* pada *atmospheric water generator*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Untuk menentukan berapa besar produksi air yang dihasilkan *atmospheric water generator* berbasis *thermoelektrik cooler* (TEC).
2. Untuk menentukan pengaruh kecepatan *fan* pada pendinginan sisi panas *thermoelektrik cooler* terhadap produksi air.
3. Untuk menentukan bagaimana pengaruh jumlah *thermoelectric cooler* pada *atmospheric water generator*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Jenis *thermoelectric* yang digunakan adalah jenis TEC 12706.
2. Penelitian dilakukan tanpa memperhatikan segi ekonomis.
3. Dimensi alat yang digunakan; tinggi 405, lebar 410mm, dan Panjang 152mm.
4. Jumlah *thermoelectric* yang digunakan yaitu 4 buah, 8 buah dan 12 buah.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dalam kegiatan ini yaitu:

1. Memberikan suatu inovasi dalam bidang teknologi sebagai sumber daya air bersih berbasis *thermoelectric cooler* (TEC).
2. Sebagai sumber daya air bersih yang baru bagi masyarakat.
3. Untuk mengembangkan penggunaan prinsip *thermoelectric* dalam kehidupan sehari-hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Atmosfer

Atmosfer berasal dari dua kata Yunani yaitu atmos berarti uap dan sphaira berarti bulatan, jadi atmosfer adalah lapisan gas yang menyelubungi bulatan bumi. Atmosfer bumi mempunyai ketebalan sekitar 1000 km yang dibagi menjadi lapisan-lapisan berdasarkan profil temperatur, komposisi atmosfer, sifat radioelektrik, dan lain-lain.[9]. Atmosfer udara merupakan campuran berbagai macam gas yang bersifat homogen. Susunan utama dari udara kering adalah 78,09% nitrogen, 20,95% oksigen, 0,93% gas-gas mulia dan 0,03 % karbon dioksida dan beberapa gas lainnya dalam jumlah yang sangat kecil [10].

2.1.1 Troposfer

Troposfer adalah lapisan atmosfer paling bawah dengan ketebalan lapisan rerata 10 km. Di atas ekuator puncak troposfer (tropopause) mencapai sekitar 18 km (paling tinggi) sedangkan di atas kutub hanya mencapai 6 km (paling rendah), Troposfer mempunyai susut temperatur (lapse rate) yang nilainya antara 0,5 dan 1° C per 100 m dengan nilai rerata 0,65° C per 100 m atau 6,5°C per kilometer [9].

2.1.2 Stratosfer

Stratosfer artinya lapisan yang berlapis, karena pada lapisan stratosfer terdapat juga lapisan ozon (ozonosfer). Stratosfer terletak di atas troposfer pada ketinggian antara 10 dan 60 km, stratosfer ditandai oleh susut temperatur negatif atau kenaikan temperatur terhadap ketinggian (inversi temperatur) yang disebabkan oleh ozonosfer yang menyerap radiasi ultra violet berenergi tinggi dari matahari. Pertukaran antara gas troposfer dan stratosfer sangat kecil karena stratosfer adalah lapisan yang stabil atau inversi temperature [9].

2.1.3 Mesosfer

Mesosfer (meso: tengah, dan sphaira: bulatan) artinya lapisan gas bagian tengah yang menyelubungi bulatan bumi. Mesosfer terletak di atas stratopause dari ketinggian 60 sampai 85 km, yang ditandai dengan susut temperatur positif

dengan gradien temperatur berorde $0,4^{\circ}\text{C}$ per 100meter. Penurunan temperatur ini disebabkan mesosfer mempunyai keseimbangan radiatif negatif. Puncak mesosfer dibatasi oleh mesopause yaitu permukaan yang mempunyai temperatur paling rendah di atmosfer, sekitar -100°C [9].

2.1.4 Termosfer

Termosfer (termo: panas, dan sphaira: bulatan) artinya lapisan panas yang menyelubungi bulatan bumi pada ketinggian 85 km sampai 300 km. Termosfer ditandai oleh susut temperatur negatif atau kenaikan temperatur dari -100°C sampai ratusan bahkan ribuan derajat [9].

2.2 Thermoelectric

Termoelektrik merupakan suatu alat yang berbentuk modul, yang dapat secara langsung mengubah energi panas menjadi energi listrik. Termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor yang tersusun dengan komposisi tipe-n dan tipe-p disusun seperti ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1 Cara kerja Thermoelectric [11].

Fenomena termoelektrik ditemukan tahun 1821 untuk pertamakalinya oleh ilmuwan Jerman yaitu Thomas Johann Seebeck. Thomas Seebeck mencoba menyambungkan tembaga dan besi pada suatu rangkaian. Kemudian diantara logam tembaga dan besi tersebut diletakkan sebuah jarum kompas. Fenomena yang terjadi saat kedua logam tersebut dipanaskan yaitu jarum kompas mulai bergerak. Bergeraknya jarum kompas menyatakan bahwa timbul medan listrik pada kedua logam tersebut akibat dipanaskan salah satu sisinya, oleh karena hal itu, fenomena tersebut disebut efek Seebeck [11].

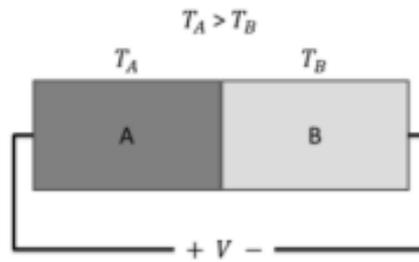
2.2.1 Thermoelektrik Cooler

Prinsip kerja modul TEC (*Thermoelectric cooler*) berdasarkan efek Peltier yaitu ketika sumber listrik DC dialirkan ke elemen peltier, mengakibatkan salah satu sisi modul menjadi dingin karena ada proses penyerapan kalor dari lingkungan, yang kemudian akan dibuang pada sisi panas modul sehingga timbul perbedaan temperatur. Sisi modul TEC (*Thermoelectric Cooler*) menjadi panas maupun dingin tergantung arah aliran listrik. Hal yang menyebabkan sisi modul TEC (*Thermoelectric Cooler*) menjadi dingin karena mengalirnya electron dari bahan semikonduktor tipe P (tingkat energi rendah) menuju bahan semikonduktor tipe N (tingkat energi tinggi). Karena tingkat energi semikonduktor tipe P rendah maka elektron harus menyerap panas agar semikonduktor tipe P dapat mengalir pada junction. Sedangkan sisi lain modul *Thermoelectric Cooler* menjadi panas karena elektron mengalir dari bahan semikonduktor tipe N (tingkat energi tinggi) menuju bahan semikonduktor tipe P (tingkat energi rendah). Supaya dapat mengalir menuju bahan semikonduktor dengan tingkat energi lebih rendah (tipe P) maka elektron harus melepas panas ke lingkungan untuk mengurangi kelebihan tingkat energi (tipe N). Ketika sumber arus DC dialirkan ke modul *Thermoelectric Cooler*, mengakibatkan salah satu sisi modul menjadi dingin karena ada proses penyerapan kalor dari lingkungan, yang kemudian akan dibuang pada sisi panas modul. Sehingga nilai kalor yang dilepas (Q_h) pada sisi panas sama dengan nilai kalor yang diserap (Q_c) ditambah daya yang diberikan ke modul, dirumuskan: [12]

2.3 Efek Thermoelectric

2.3.1 Efek Seebeck

Efek seebeck (gambar 2) adalah fenomena atau kondisi yang mengubah perbedaan suhu menjadi energi listrik. ketika ada dua bahan yang berbeda dan kemudian kedua ujungnya dihubungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. saat adanya perbedaan suhu pada kedua sambunga ini, maka akan menghasilkan arus listrik. Prinsip ini lah yang digunakan pada termoelektrik sebagai generator (pembangkit listrik).

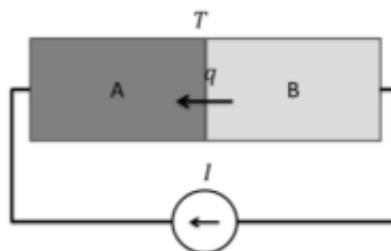


Gambar 2 Efek Seebeck yang ditimbulkan oleh perbedaan suhu ke dua logam A dan B [14].

Setiap bahan mempunyai koefisien seebeck yang berbeda-beda tergantung dari komposisi yang digunakan. Semakin besar koefisien seebeck, maka yang terjadi adalah beda potensial yang dihasilkan juga akan semakin besar. Karena adanya perbedaan suhu disini dapat diubah menjadi tegangan listrik, maka dari itu prinsip ini juga digunakan atau dimanfaatkan sebagai sensor temperatur yang dinamakan *thermocouple* [13].

2.3.2 Efek Peltier

Kebalikan dari kondisi pada efek Seebeck, yaitu saat ada dua logam yang berbeda dan saling disambung selanjutnya arus listrik dialirkan pada sambungan tersebut, maka akan menimbulkan fenomena atau kondisi seperti pompa kalor. Prinsip inilah yang dimanfaatkan termoelektrik sebagai pendingin/pompa kalor. Termoelektrik terdiri dari dua buah bahan yang berbeda yang disambungkan. Bahan yang dipilih memiliki koefisien seebeck yang cukup tinggi. Untuk saat ini kebanyakan termoelektrik menggunakan Bismuth-Telluride sebagai bahan pembuatnya [13].



Gambar 3 Efek Peltier yang ditimbulkan oleh aliran listrik dari logam A ke B [14].

2.4 Heatsink

Heatsink dapat kita sebut sebagai material yang dapat menyerap dan mendispersi panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan

membuangnya. *Heatsink* digunakan pada beberapa teknologi pendingin seperti refrigeration, mesin pemanas, pendingin elektronik dan laser. Terdapat 2 bagian heatsink yaitu bagian penyerap panas dan bagian pendinginan, pada bagian penyerapan panas biasanya terbuat dari aluminium atau tembaga. bagian pendinginan terbuat dari aluminium.

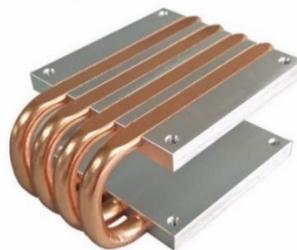


Gambar 4 *Heatsink* [15].

Teknologi pendinginan ini ditemukan oleh Daniel L. Thomas pada tahun 1982. Heatsink dapat diaplikasikan pada beberapa jenis pendingin sehingga performa dari *heatsink* sendiri dapat berbeda-beda tergantung pada pendingin tambahan yang menyertainya. *Heatsink* dapat digunakan tanpa penambahan perangkat pendinginan lain seperti kipas dan air atau disebut dengan pasif *cooling*, penggunaan pasif *cooling* banyak diaplikasikan pada *chipset mainboard*, VGA, PWM dan *chipset memory* [15].

2.5 *Heatpipe*

Sebuah *heatpipe* (Gambar 5) adalah perangkat sederhana yang memiliki sifat konduktivitas sangat tinggi yang dapat memindahkan kalor melalui jarak yang jauh dengan suhu yang tidak berubah tanpa memerlukan input listrik tambahan [16].



Gambar 5 *Heatpipe* [17].

heat pipe memiliki beberapa kelebihan, antara lain: dapat memindahkan kalor dengan kuantitas yang besar melalui area perpindahan panas melintang yang kecil tanpa memerlukan daya tambahan, rugi tekanan yang rendah pada fluida, mudah dalam perawatan, struktur yang sederhana dan volume yang kecil [17].

2.6 Waterblock

Waterblock (gambar 6) adalah perangkat yang berfungsi untuk menghantarkan kalor dari sisi dingin 6TEC menuju fluida yang mengalir didalam pipa tembaga, sehingga *waterblock* memiliki peran yang penting dalam pendinginan pipa tembaga sebagai penangkap udara lembab, apabila *waterblock* berfungsi dengan optimal maka temperatur pada pipa tembaga pun akan semakin rendah, dan kapasitas air yang didapat semakin banyak.



Gambar 6 *waterblock* [18].

2.7 Kelembaban Udara

Kelembaban udara menyatakan banyaknya uap air dalam udara. Jumlah uap air dalam udara ini sebetulnya hanya merupakan Sebagian kecil saja dari seluruh atmosfer, yaitu bervariasi dari 0% sampai 5% dari jumlah massa udara [19].

Menurut Setiawan, [20] Kelembaban udara biasanya dinyatakan dalam satuan persen. Kelembaban udara dibagi menjadi kelembaban mutlak dan kelembaban relatif.

2.7.1 Kelembaban Mutlak

Kelembaban mutlak menyatakan banyaknya uap air maksimum dalam gram untuk tiap satu meter kubik udara pada suhu tertentu. Kelembaban mutlak merupakan batas terjadinya kondensasi pada suhu tertentu. Apabila kondensasi terjadi maka ada perubahan fase dari uap air menjadi air. Kondensasi ini

biasanya terjadi pada pembentukan air hujan di awan. Kelembaban mutlak bernilai sama dengan kelembaban relatif 100% yang berlaku untuk tiap-tiap suhu udara. Kemudian nilai kelembaban mutlak untuk tiap suhu udara selalu berbeda dan tidak ada yang sama.

2.7.2 Kelembaban Relatif

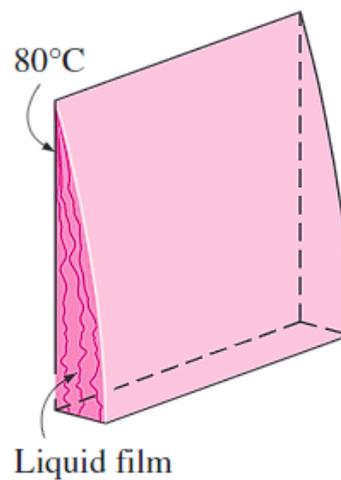
Kelembaban relatif adalah banyaknya uap air dalam gram untuk tiap 1m³ udara pada suhu tertentu. Jadi jumlah uap air untuk kelembaban relatif selalu lebih kecil dari kelembaban mutlak. Secara matematis kelembaban relatif dapat dihitung dengan membagi jumlah uap air di udara dengan nilai kelembaban mutlak pada suhu tertentu kemudian dikalikan 100%. Oleh sebab itu satuan nilai kelembaban relative dinyatakan dalam persen. Pada umumnya kelembaban relatif udara biasa disebut kelembaban udara saja.

2.8 Kondensasi

Kondensasi adalah perubahan uap menjadi fasa cair yang terjadi ketika uap bersentuhan melalui permukaan kontak yang memiliki temperatur lebih rendah dari temperatur jenuh uap. Energi laten dilepas dan panas dipindahkan sehingga terjadi perubahan fasa pada uap [21].

2.8.1 Kondensasi *Film* (*filmwise condensation*)

Kondensasi *film* merupakan jenis kondensasi dimana kondensat membasahi permukaan dan membentuk *film* mengalir diakibatkan gravitasi. Aliran yang terjadi pada saat kondensat mengalir memunculkan fenomena seperti aliran laminar, aliran gelombang (*wavy*), transisi laminar-turbulen, dan butiran yang jatuh pada permukaan lapisan cairan. Kondensasi jenis ini merupakan kondensasi yang umum terjadi pada kebanyakan sistem [22].

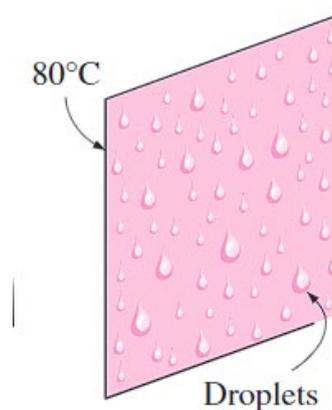


Gambar 7 Kondensasi *Film* [22].

2.8.2 Kondensasi Tetes (*dropwise condensation*)

Kondensasi tetes seperti pada gambar 8 merupakan jenis kondensasi dimana kondensat berbentuk tetesan tetesan yang jumlahnya tak terhitung dengan diameter yang bervariasi. Tetesan tetesan yang terbentuk akan bergabung menjadi tetesan besar, dan meluncur ke bawah Ketika mencapai ukuran tertentu.

Kondensasi tetes lebih disukai dalam aplikasi perpindahan panas karena memiliki koefisien perpindahan panasnya dapat mencapai lebih dari 10 kali lebih besar dibandingkan dengan kondensasi *film* [22].



Gambar 8 Kondensasi Tetes [22].

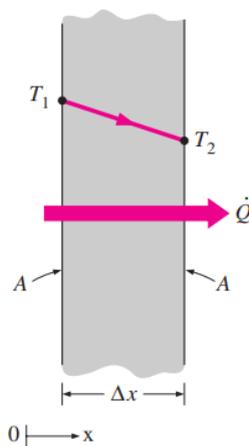
2.9 Perpindahan Panas

Perpindahan panas yang terjadi pada sistem pendingin termoelektrik adalah dengan cara konduksi dan konveksi. Konduksi terjadi mulai dari *heat sink* sisi dingin *peltier*, *bracket/coldsink*, dan *heat sink* pada sisi panas peltier. Sedangkan konveksi terjadi pada udara dalam ruangan, lingkungan sekitar alat uji *dry box*, dan udara disekitar sirip-sirip *heat sink*. Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari tentang cara untuk meramalkan perpindahan (distribusi) energi berupa panas yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur di antara benda atau material. Perpindahan panas dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu:[22]

2.9.1 Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi adalah distribusi energi berupa panas yang terjadi pada benda atau medium yang diam (padat) bertemperatur tinggi ke bagian benda yang bertemperatur rendah atau terdapat gradien temperatur pada benda tersebut.

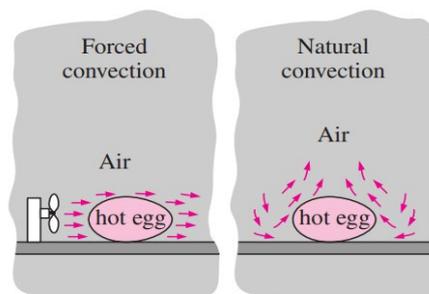
Perpindahan panas yang terjadi secara konduksi (gambar 9.) berarti perpindahan panas tanpa diikuti oleh perpindahan molekul benda tersebut. Konduksi juga dapat dikatakan sebagai transfer energi dari sebuah benda yang memiliki energi yang cukup besar menuju ke benda yang memiliki energi yang rendah [22].



Gambar 9 Skema perpindahan panas konduksi [22].

2.9.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan Panas Konveksi adalah distribusi energi berupa panas yang terjadi karena terdapat aliran fluida. Dimana perpindahan panas terjadi karena adanya gerakan/aliran/ pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dll [22].



Gambar 10 Skema perpindahan panas konveksi [22].

Dapat dilihat pada gambar 10, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free/natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*) [22].

2.10 Efisiensi

Efisiensi merupakan ukuran kemampuan suatu alat untuk mencapai hasil maksimal. Efisiensi dapat diperoleh dengan membandingkan antara hasil yang diperoleh dari pengujian dan hasil yang seharusnya berdasarkan perhitungan. Berikut merupakan rumus – rumus yang digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan efisiensi alat :

2.10.1 Laju Aliran Massa Udara

Laju aliran massa udara adalah suatu ukuran besaran massa udara masuk

kedalam alat AWG per satuan waktu. Persamaan aliran udara masuk yang digunakan [23], yaitu :

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot V \text{ kg/s} \quad (1)$$

Keterangan :

\dot{m} = Laju aliran massa udara masuk (kg/s)

ρ = Densitas Udara (kg/m^3)

A = Luas saluran masuk (m^2)

\bar{V} = Kecepatan udara masuk (m/s)

2.10.2 Kondisi Udara Masuk dan Keluar

Kondisi udara masuk dan keluar merupakan suatu ukuran untuk menunjukkan spesifikasi / properti baik dari udara yang masuk maupun udara yang keluar dari alat AWG, seperti Kelembaban Relatif, dan rasio kelembaban. Kelembaban Relatif dan rasio kelembaban didapatkan menggunakan persamaan [23] berikut :

$$P_s = P_{jwb} - 0,5 (T_{db} - T_{wb}) \frac{P}{755} \quad (2)$$

Keterangan :

P_{jwb} = Tekanan uap jenuh bola basah (mmHg / kPa)*

P_s = Tekanan uap jenuh bola kering (mmHg / kPa)

T_{db} = Temperatur bola kering ($^{\circ}\text{C}$)

T_{wb} = Temperatur bola basah ($^{\circ}\text{C}$)

P_t = tekanan udara (mmHg / kPa)

* diperoleh pada tabel Stocker

$$\phi = \frac{P_{jwb}}{P_s} \quad (3)$$

Keterangan :

P_{jwb} = Tekanan uap jenuh (mmHg / kPa)*

P_s = Tekanan uap jenuh (mmHg / kPa)

ϕ = Kelembaban Relatif (%)

$$w = 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \quad (4)$$

Keterangan :

P_s = Tekanan uap jenuh (mmHg / kPa)

P_t = tekanan udara (mmHg / kPa)

w = Kelembaban

2.10.3 Dew Point

Dew Point merupakan suatu ukuran temperatur minimal dimana udara dapat berubah fasa dari gas menjadi cair atau terkondensasi. Dew point didapatkan menggunakan persamaan 5 dan 6 [18], yaitu :

$$\gamma(R, TH) = \ln \left(\frac{Rh}{100} \right) + \frac{b \cdot T}{c - T} \quad (5)$$

Keterangan :

Rh = Kelembaban Relatif (%)

b = Koefisien = 17,67

c = Koefisien = 243

T = Temperatur bola kering (°C)

$$T_{dp} = \frac{c \cdot \gamma(R, TH)}{b - \gamma(R, TH)} \quad (6)$$

Keterangan :

T_{dp} = Temperatur Dew Point (°C)

2.10.4 Contact Factor dan Bypass Factor

Contact Factor mengacu pada proporsi luas permukaan perpindahan panas dalam sistem pendingin yang bersentuhan langsung dengan fluida yang didinginkan. Faktor kontak yang tinggi berarti lebih banyak area permukaan yang bersentuhan langsung dengan fluida, yang mengarah pada perpindahan panas yang lebih efisien *Bypass Factor*, mengacu pada proporsi cairan yang melewati permukaan perpindahan panas dalam sistem pendingin. Faktor bypass yang tinggi berarti sebagian besar fluida tidak bersentuhan dengan permukaan perpindahan panas, yang mengurangi efisiensi sistem pendingin. Dalam sistem yang dirancang dengan baik, faktor bypass harus rendah untuk memastikan perpindahan panas maksimum. *Contact Factor* dan *Bypass Factor* dapat dihitung menggunakan persamaan 9 dan 10, yaitu :

$$\beta = (T_{ab,in} - T_{ab,out}) / (T_{ab,in} - T_{ct}) \quad (7)$$

Keterangan :

β = *Contact Factor*

$T_{ab,in}$ = Temperatur Udara Masuk (°C)

$T_{ab,out}$ = Temperatur Udara Keluar (°C)

T_{ct} = Temperatur *Coil* Tembaga (°C)

$$BPF = 1 - \beta \quad (8)$$

Keterangan :

β = *Contact Factor*

BPF = *Bypass Factor*

2.10.5 Efisiensi dan Coefficient of Performance

Efisiensi diperoleh dengan membandingkan laju aliran massa air berdasarkan perhitungan dan laju aliran massa air hasil penelitian. Efisiensi dan COP didapatkan menggunakan persamaan 11 [18] dan 12 [22], yaitu :

$$\text{Air Seharusnya} = \dot{m} \times w_{in} - w_{out} \quad (9)$$

Keterangan :

w_{in} = Ratio kelembaban udara masuk

w_{out} = Ratio kelembaban udara keluar

$$\eta = \frac{\text{Air Sebenarnya}}{\text{Air Seharusnya}} \quad (10)$$

Keterangan :

Air Sebenarnya = Air yang didapatkan selama pengambilan data (ml)

Air Sebenarnya = Air yang didapatkan secara perhitungan (ml)

η = Efisiensi (%)

$$COP = \frac{Q}{P} \quad (11)$$

Keterangan :

Q = Laju perpindahan kalor

P = Daya

COP = *Coefficient Of Performance*