

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN SISTEM
PENDINGIN TERMOELEKTRIK DAN *EVAPORATIVE*
COOLING UNTUK KABIN MOBIL YANG DIPARKIR**



HILMAN ADRIAN

1520620013

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2024

STUDI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN SISTEM PENDINGIN TERMOELEKTRIK DAN *EVAPORATIVE COOLING* UNTUK KABIN MOBIL YANG DIPARKIR

Hilman Adrian

Dosen Pembimbing : Dr. Ragil Sukarno, M.T. dan Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.

ABSTRAK

Temperatur kabin yang meningkat hingga 60°C akibat parkir di tempat terbuka dapat menimbulkan berbagai dampak merugikan, mulai dari kerusakan pada interior mobil hingga risiko kesehatan. Dalam upaya mengatasi masalah ini, penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pendingin alternatif berbasis termoelektrik. Sistem pendingin berupa saluran udara dengan TEC 12706 yang divariasikan 6 dan 12 buah baik tanpa *evaporative cooling* maupun kombinasi *evaporative cooling*. Pengukuran temperatur dilakukan secara *realtime* menggunakan *temperature data logger*. Temperatur kabin yang diparkir tanpa sistem pendingin sebesar $46,3^{\circ}\text{C}$. Konfigurasi sistem pendingin termoelektrik ganda dan *evaporative cooling* 0,3 lpm menghasilkan perbedaan temperatur kabin dan lingkungan yang paling rendah yaitu $4,18^{\circ}\text{C}$ dan menurun $9,54^{\circ}\text{C}$ dibanding tanpa sistem pendingin. Penambahan sistem *evaporative cooling* dapat meningkatkan COP sistem pendingin. Dari hasil pengujian diperoleh COP tertinggi yaitu 1,07 pada konfigurasi sistem pendingin *evaporative cooling* 0,3 lpm (PE), namun $T_{\text{kabin avg}}$ masih tinggi yaitu sebesar $44,34^{\circ}\text{C}$ pada T_{env} $38,13^{\circ}\text{C}$ yang menghasilkan perbedaan temperatur dan lingkungan sebesar $6,17^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada konfigurasi pendingin termoelektrik dan *evaporative cooling* 0,3 lpm menghasilkan perbedaan temperatur kabin dan lingkungan sebesar $4,15^{\circ}\text{C}$, dengan $T_{\text{kabin avg}}$ sebesar $36,73^{\circ}\text{C}$ pada T_{env} $32,58^{\circ}\text{C}$ dengan COP 0,62.

Kata kunci : *termoelektrik, evaporatif, perpindahan panas, mesin pendingin*

EXPERIMENTAL STUDY OF THE USE OF THERMOELECTRIC AND EVAPORATIVE COOLING SYSTEMS FOR PARKED CAR CABINS

Hilman Adrian

Dosen Pembimbing : Dr. Ragil Sukarno, M.T. dan Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.

ABSTRACT

Cabin temperatures rising up to 60°C due to open-air parking can have a variety of adverse effects, ranging from damage to car interiors to health risks. In an effort to address this issue, research has been conducted to develop a thermoelectric-based alternative cooling system. The cooling system is in the form of air ducts with 6 and 12 varied TEC 12706 either without evaporative cooling or a combination of evaporative cooling. Temperature measurements were taken in real time using a temperature data logger. The temperature of the cabin parked without a cooling system was 46.3°C. The configuration of dual thermoelectric cooling system and evaporative cooling 0.3 lpm produces the lowest cabin and environment temperature difference of 4.18°C and decreased by 9.54°C compared to without cooling system. The addition of an evaporative cooling system can increase the COP of the cooling system. From the test results, the highest COP is 1.07 in the configuration of the 0.3 lpm evaporative cooling system (PE), but the $T_{avg \text{ cabin}}$ is still high, which is 44.34 ° C at T_{env} 38.13°C, which results in a temperature difference and an environment of 6.17°C. Meanwhile, the configuration of thermoelectric cooling and evaporative cooling 0.3 lpm produces a difference in cabin temperature and the environment of 4.15°C, with an $T_{avg \text{ cabin}}$ of 36.73°C at T_{env} 32.58°C with a COP of 0,62.

Keywords: *thermoelectric, evaporative, heat transfer, refrigeration machine*


LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI


Judul : Studi Eksperimental Penggunaan Sistem Pendingin
Termoelektrik dan *Evaporative Cooling* untuk Kabin
Mobil yang Diparkir
Penyusun : Hilman Adrian
NIM : 1520620013

Disetujui oleh :


Pembimbing I,

Pembimbing II,


Dr. Ragil Sukarno, M.T.
NIP. 197911022012121001


Nugroho Gama Yoga, M.T.
NIP. 197602052006041001

Mengetahui,
Koordinator Program Studi Teknik Mesin


Dr. Ragil Sukarno, M.T.
NIP. 197911022012121001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Studi Eksperimental Penggunaan Sistem Pendingin Termoelektrik dan *Evaporative Cooling* untuk Kabin Mobil yang Diparkir
Penyusun : Hilman Adrian
Tanggal Ujian : Senin, 15 Juli 2024

Disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001



Nugroho Gama Yoga, M.T.

NIP. 197602052006041001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,

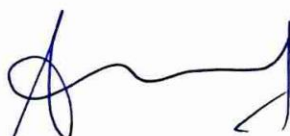
Anggota Penguji I,

Anggota Penguji II,



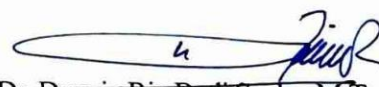
Dr. Imam Basori, M.T.

NIP. 197606072008121003



Ahmad Kholil, S.T. M.T.

NIP. 19790831200501101



Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T.

NIP. 197604222006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 18 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Hilman Adrian

1520620013



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Hilman Adrian
NIM : 1520620013
Fakultas/Prodi : Teknik / Teknik Mesin
Alamat email : hilmanadrian011@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

“Studi Eksperimental Penggunaan Sistem Pendingin Termoelektrik dan *Evaporative Cooling* Untuk Kabin Mobil yang Diparkir”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 25 Juli 2024

Penulis

(Hilman Adrian)

KATA PENGANTAR

Puji syukur pada Allah SWT karena atas limpahan rahmat-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proposal skripsi ini yang berjudul “Studi Eksperimental Penggunaan Sistem Pendingin Termoelektrik dan *Evaporative Cooling* untuk Kabin Mobil yang Diparkir”. Proposal skripsi disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik (S.T.) program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini, tanpa adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak sangatlah sulit untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 dan koordinator program studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta atas kesediannya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 2 dan kepala laboratorium Konversi Energi yang telah bersedia meluangkan waktu dan kesediannya memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Imam Basori, M.T., selaku ketua penguji skripsi, Bapak Ahmad Kholil, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. selaku anggota penguji skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan menguji skripsi penulis.
4. Bapak Danar Hari Krisyono, S.Pd., selaku teknisi laboratorium 3D *print* yang telah membantu penulis dalam melaksanakan pengambilan dan membuat saluran udara menggunakan 3D *printer*.
5. Bapak Boin, Bapak Sumardi, Bapak Minadi, Bapak Dani dan Bapak Dayat selaku teknisi laboratorium otomotif dan material atas bantuan dan dukungannya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dengan baik.

6. Seluruh Dosen dan Staf Administrasi Program Studi S1 Teknik Mesin yang telah memberi ilmu dan membantu penulis selama berkuliah di Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
7. Kedua orang tua penulis, Didin Nurdiansyah dan Mimi Maryani terima kasih atas segala dorongan moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dan berjuang meraih mimpi.
8. Kepada saudara penulis Muhammad Ridwan yang telah memberi dukungan serta motivasi kepada penulis.
9. Zavi Indasyach Moreno dan Muhammad Rafael atas dukungan, diskusi, dan bantuan selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman Program Studi S1 Teknik Mesin senantiasa mendukung, dan menemani penulis selama berkuliah di Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata kesempurnaan. Oleh karena itu penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang.

Semoga dengan disusunnya proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang konversi energi khususnya pada teknologi pendingin atau refrigerasi.

Jakarta, 18 Juli 2024

Penyusun,

Hilman Adrian

1520620013

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Mesin Pendingin.....	6
2.1.1 Mesin Pendingin Absorpsi	7
2.2 Termoelektrik	8
2.2.1 <i>Thermoelectric Cooler</i>	9
2.2.2 Konfigurasi <i>Thermoelectric Cooler</i> (TEC).....	10
2.3 Pendingin Evaporatif.....	12
2.3.1 Pendingin Evaporatif Langsung (DEC)	12
2.3.2 Pendingin Evaporatif Tak Langsung (IEC).....	13
2.3.3 Evaporator Pad	14
2.4 Perpindahan Kalor	16
2.4.1 Perpindahan Kalor Konduksi	16
2.4.2 Perpindahan Kalor Konveksi	17
2.4.3 Perpindahan Kalor Radiasi.....	17
2.5 Kerangka Berpikir	18

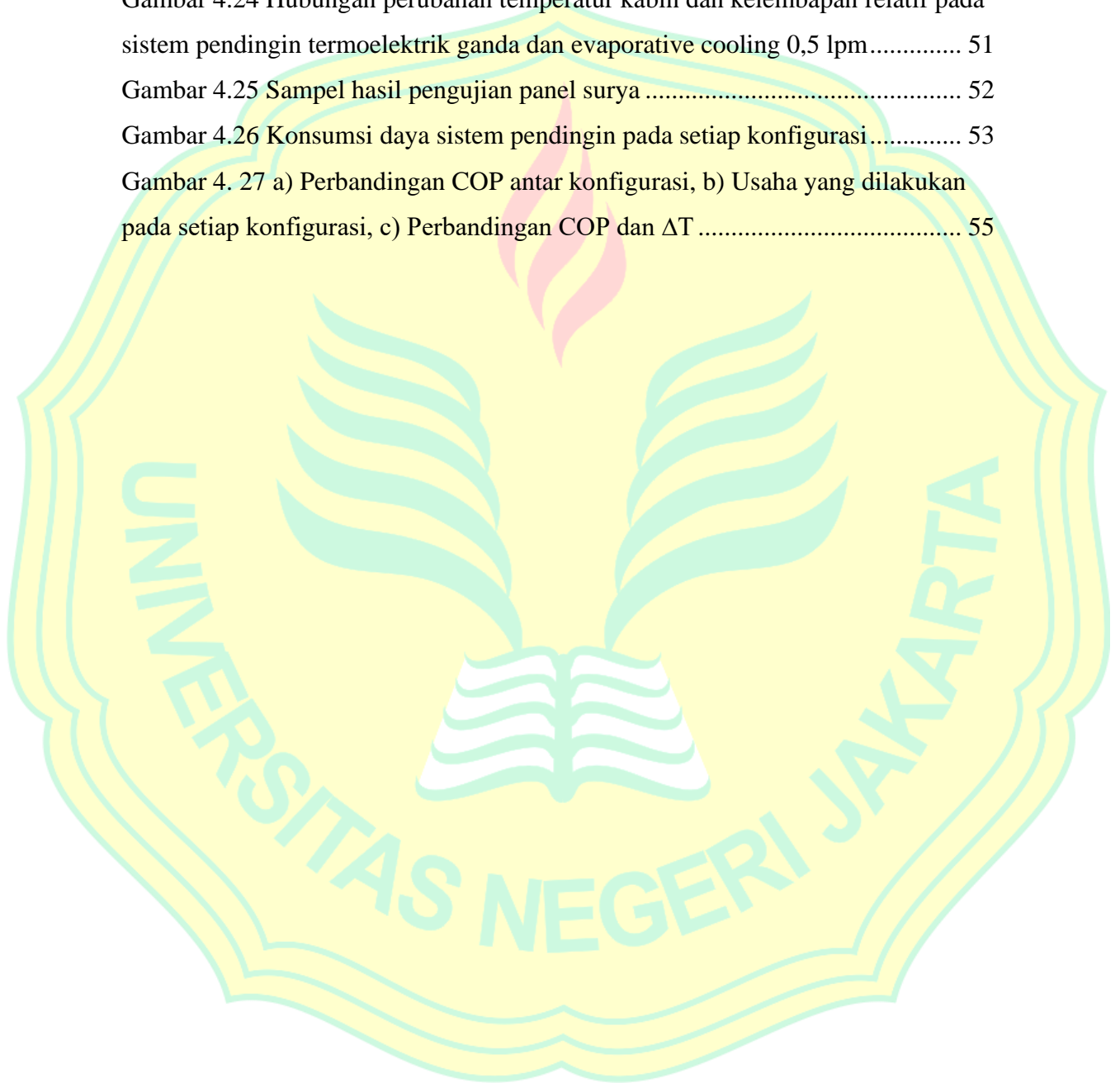
2.6	Penelitian – Penelitian Terkait	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	22
3.2.2	Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	23
3.3	Diagram Alir Penelitian	24
3.4	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	26
3.4.1	Pengumpulan Data	26
3.4.2	Rancangan Sistem Pendingin	26
3.5	Teknik Analisis Data	32
3.5.1	<i>Coefficient of Performance (COP)</i>	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Hasil Pengujian	34
4.2	Analisa Grafik Distribusi Temperatur	34
4.2.1	Data Pengujian Tanpa Sistem Pendingin	34
4.2.2	Data Pengujian Pendingin Termoelektrik Tunggal	36
4.2.3	Data Pengujian Pendingin Termoelektrik Ganda	39
4.3	Perolehan Daya Panel Surya	52
4.5	<i>Coefficient of Performance (COP)</i>	54
BAB V KESIMPULAN		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram P-H	7
Gambar 2.2 Siklus mesin pendingin absorpsi	8
Gambar 2.3 Modul termoelektrik.....	8
Gambar 2.4 Skematik terjadinya penyerapan panas pada modul termoelektrik	9
Gambar 2.5 Contoh beberapa konfigurasi termoelektrik	11
Gambar 2.6 Modul termoelektrik tunggal.....	11
Gambar 2.7 Modul termoelektrik bertingkat	12
Gambar 2.8 Skematik pendingin evaporatif langsung	13
Gambar 2.9 Skematik pendingin evaporatif tak langsung	14
Gambar 2.10 Fiber pad.....	15
Gambar 2.11 Rigid media pad	15
Gambar 2.12 Fill media pad.....	16
Gambar 2.13 Kerangka berpikir.....	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3.2 Komponen modul pendingin termoelektrik	27
Gambar 3.3 Komponen sistem pendingin secara keseluruhan.....	27
Gambar 3.4 Komponen saluran pendingin.....	28
Gambar 3.5 Komponen alat uji	28
Gambar 3.6 Tampak kanan dan kiri replika kabin dan sistem pendingin.....	28
Gambar 3.7 Tampak depan replika kabin dan sistem pendingin	29
Gambar 3.8 Belakang replika kabin dan sistem pendingin.....	29
Gambar 3.9 Tampak atas replika kabin dan sistem pendingin.....	29
Gambar 3.10 Tampak samping saluran sistem pendingin dan modul TEC12706.....	30
Gambar 3.11 Tampak atas saluran sistem pendingin dan modul TEC12706	30
Gambar 3.12 Skematik prinsip kerja sistem pendingin	31
Gambar 3.13 Skematik eksperimen dan pengambilan data	31
Gambar 4.1 Profil temperatur pengujian tanpa sistem pendingin.....	35
Gambar 4.2 Penyebaran temperatur rata-rata kabin tanpa sistem pendingin.....	35
Gambar 4.3 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada konfigurasi kabin tanpa sistem pendingin.....	36
Gambar 4.4 Grafik pengujian sistem pendingin termoelektrik tunggal.....	37

Gambar 4.5 Penyebaran temperatur rata-rata kabin dengan sistem pendingin termoelektrik tunggal	37
Gambar 4.6 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada konfigurasi sistem pendingin termoelektrik tunggal.....	38
Gambar 4.7 Grafik pengujian sistem pendingin termoelektrik ganda	39
Gambar 4. 8 Penyebaran temperatur rata-rata kabin dengan sistem pendingin termoelektrik ganda.....	39
Gambar 4.9 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada sistem pendingin termoelektrik ganda	40
Gambar 4.10 Grafik pengujian sistem pendingin evaporatif 0,3 lpm	41
Gambar 4.11 Penyebaran temperatur rata-rata kabin dengan sistem pendingin evaporatif 0,3 lpm	41
Gambar 4.12 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada sistem pendingin termoelektrik ganda	42
Gambar 4.13 Grafik pengujian sistem pendingin termoelektrik tunggal dan evaporative cooling 0,3 lpm.....	43
Gambar 4.14 Penyebaran temperatur rata-rata kabin dengan sistem pendingin termoelektrik tunggal dan evaporative cooling 0,3 lpm.....	43
Gambar 4.15 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada sistem pendingin termoelektrik tunggal dan evaporative cooling 0,3 lpm.....	44
Gambar 4.16 Profil temperature pengujian sistem pendingin termoelektrik tunggal dan evaporative cooling 0,5 lpm	45
Gambar 4.17 Penyebaran temperatur rata-rata kabin dengan sistem pendingin termoelektrik tunggal dan evaporative cooling 0,5 lpm.....	46
Gambar 4.18 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada sistem pendingin termoelektrik tunggal dan evaporative cooling 0,5 lpm.....	47
Gambar 4.19 Profil temperature pengujian sistem pendingin termoelektrik ganda dan evaporative cooling 0,3 lpm	48
Gambar 4.20 Penyebaran temperatur rata-rata kabin dengan sistem pendingin termoelektrik ganda dan evaporative cooling 0,3 lpm	48
Gambar 4.21 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada sistem pendingin termoelektrik ganda dan evaporative cooling 0,3 lpm.....	49

Gambar 4.22 Profil temperatur pengujian sistem pendingin termoelektrik ganda dan evaporative cooling 0,5 lpm	50
Gambar 4.23 Penyebaran temperatur rata-rata kabin dengan sistem pendingin termoelektrik ganda dan evaporative cooling 0,5 lpm	50
Gambar 4.24 Hubungan perubahan temperatur kabin dan kelembapan relatif pada sistem pendingin termoelektrik ganda dan evaporative cooling 0,5 lpm.....	51
Gambar 4.25 Sampel hasil pengujian panel surya	52
Gambar 4.26 Konsumsi daya sistem pendingin pada setiap konfigurasi.....	53
Gambar 4. 27 a) Perbandingan COP antar konfigurasi, b) Usaha yang dilakukan pada setiap konfigurasi, c) Perbandingan COP dan ΔT	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian-penelitian terkait	18
Tabel 3.1 Rancangan pengujian	32
Tabel 4.1 Hasil pengujian panel surya	52
Tabel 4.2 Tabel perbandingan konsumsi daya	54
Tabel 4.3 Hasil perhitungan COP	54



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pengambilan Data	63
Lampiran 2 Setup Alat	64
Lampiran 3 Gambar Assembly dan Detail Sistem Pendingin.....	65

