

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN SISTEM PENDINGIN KABIN MOBIL  
*PICK UP* BERBASIS *THERMOELECTRIC* DAN *INDIRECT*  
*EVAPORATIVE COOLING***



*Intelligentia - Dignitas*

**DISUSUN OLEH:**

**MUHAMMAD RAFAEL**

**1520620036**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2025**

**Pengembangan Sistem Pendingin kabin Mobil *Pick up* Berbasis  
*Thermoelectric dan Indirect Evaporative Cooling***

**Muhammad rafael**

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

**ABSTRAK**

Mobil pick up pada umumnya tidak dilengkapi dengan AC atau sistem pendingin. Kendaraan mobil pick up pada umumnya didesain untuk mengangkut barang dengan jarak tempuh yang lebih jauh dibanding dengan mobil konvensional, sehingga penumpang mobil pick up harus berada di dalam kabin lebih lama dibanding mobil pada umumnya, kondisi tersebut tentunya membuat penumpang di dalam kabin menjadi tidak nyaman. Untuk mengatasi masalah ini, dilakukan penelitian untuk mengembangkan sistem pendingin berbasis termoelektrik sebagai alternatif. Penelitian ini berfokus pada simulasi dari sistem pendinginan termoelektrik pada kabin mobil *pick up* dalam keadaan mesin menyala. Penelitian ini menggunakan variasi jumlah modul yaitu 6 dan 12 modul, dan variasi rangkaian kabel yaitu seri secara kelistrikan dan paralel secara termal pada sistem pendingin. Pendingin evaporatif tidak langsung (IEC) ditambahkan untuk membantu pendingin termoelektrik untuk mencapai temperatur serendah-rendahnya di dalam kabin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, penggunaan pendingin termoelektrik dapat mendinginkan temperatur kabin hingga 11.86°C, pendingin evaporatif tidak langsung (IEC) dapat mendinginkan temperatur kabin hingga 12.9°C, dan kombinasi pendingin termoelektrik dan evaporatif tidak langsung (IEC) dapat menurunkan temperatur kabin hingga 11.6°C.

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

**Pengembangan Sistem Pendingin kabin Mobil *Pick up* Berbasis  
*Thermoelectric dan Indirect Evaporative Cooling***

**Muhammad rafael**

**Advisory Lecturer: Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T. dan Nugroho Gama Yoga,  
S.T., M.T.**

**ABSTRACT**

Pickup trucks are generally not equipped with AC or cooling systems. Pickup trucks are generally designed to transport goods over longer distances than conventional cars, so that pickup truck passengers must be in the cabin longer than conventional cars, which certainly makes passengers in the cabin uncomfortable. To overcome this problem, research was conducted to develop a thermoelectric-based cooling system as an alternative. This study focuses on the simulation of the thermoelectric cooling system in the pick-up truck cabin while the engine is running. This study uses variations in the number of modules, namely 6 and 12 modules, and variations in the wiring circuit, namely electrically series and thermally parallel in the cooling system. An indirect evaporative cooler (IEC) is added to help the thermoelectric cooler achieve the lowest possible temperature in the cabin. The test results show that the use of thermoelectric coolers can cool the cabin temperature to 11.86°C, indirect evaporative coolers (IEC) can cool the cabin temperature to 12.9°C, and the combination of thermoelectric and indirect evaporative coolers (IEC) can lower the cabin temperature to 11.6°C.

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


LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Pengembangan Sistem Pendingin kabin Mobil *Pick up*  
Berbasis *Thermoelectric* dan *Indirect Evaporative Cooling*  
Penyusun : Muhammad Rafael  
NIM : 1520620036

Disetujui oleh:

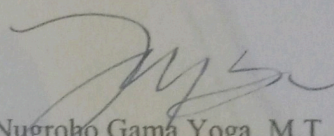
Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001

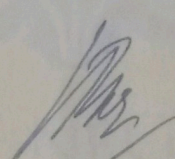


Nugroho Gama Yoga, M.T.

NIP. 197602052006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T.

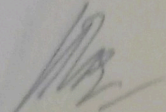
NIP. 197911022012121001

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengembangan Sistem Pendingin kabin Mobil *Pick up*  
Berbasis *Thermoelectric* dan *Indirect Evaporative Cooling*  
Penyusun : Muhammad Rafael  
NIM : 1520620036  
Tanggal Ujian : Senin, 20 Januari 2025

### Disetujui oleh:

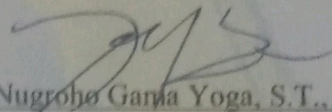
Pembimbing I,



Dr. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001

Pembimbing II,



Nugroho Ganja Yoga, S.T., M.T.

NIP. 197602052006041001

### Pengesahan Panitia Ujian Skripsi:

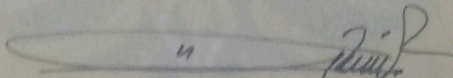
Ketua Penguji



Dr. Imam Basori, M.T.

NIP. 197906072008121003

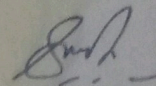
Anggota Penguji I,



Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M. T

NIP. 197604222006041001

Anggota Penguji II,

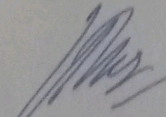


Dr.Eng. I Wayan Sugita, M.T.

NIP. 197911142012121001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ir. 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 ketidak benaran, 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, 20 Januari 2025

Yang membuat pernyataan



Muhammad Rafael

NIM. 1520620036



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://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 : Muhammad Rafael  
NIM : 1520620036  
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/S1 Teknik Mesin  
Alamat email : muh.rafael91@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 :

Pengembangan Sistem Pendingin kabin Mobil *Pick up* Berbasis *Thermoelectric* dan *Indirect Evaporative Cooling*

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, 12 Februari 2025

Penulis

( Muhammad Rafael )  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur pada Allah SWT karena atas limpahan rahmat-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proposal skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Sistem Pendingin kabin Mobil *Pick up* Berbasis *Thermoelectric* dan *Indirect Evaporative Cooling*”. Proposal skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat melaksanakan skripsi di program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan proposal skripsi ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing pertama dalam proses penyusunan proposal skripsi dan skripsi.
2. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing kedua dalam proses penyusunan proposal skripsi dan skripsi.
3. Bapak Dr. Imam Basori, M.T., selaku ketua penguji skripsi, Bapak DR. Eng. I Wayan Sugiya, 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 yang terus mendukung dan memotivasi penulis, sehingga dapat menyelesaikan praktik kerja lapangan dengan baik.



8. Hilman Adrian dan Zavi Indasyach Moreno atas diskusi, dukungan, dan bantuan selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
9. Teman-teman Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin senantiasa menemani, dan memantu penulis bekerja di lab konversi energi
10. Teman-teman Program Studi S1 Teknik Mesin senantiasa mendukung, dan menemani penulis selama berkuliah di Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa proposal 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, April 2024



Muhammad Rafael

NIM. 1520620036

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRAK .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Mesin Pendingin.....	6
2.1.1 Mesin Pendingin Kompresi Uap .....	6
2.1.2 Mesin Pendingin Absorpsi .....	7
2.1.3 Mesin pendingin Termoelektrik.....	8
2.2 Beban Pendingin.....	8
2.2.1. Beban Metabolik .....	9
2.2.2. Beban Radiasi.....	10
2.2.3. Beban Ambien.....	13
2.2.4. Beban Mesin .....	14
2.2.5. Beban Exhaust.....	15

2.2.6.	Beban AC .....	16
2.3	Termoelektrik .....	18
2.3.1.	Thermoelectric Cooler (TEC) .....	18
2.3.2.	Konfigurasi Thermoelectric Cooler (TEC) .....	19
2.4	<i>Evaporative cooling</i> .....	21
2.4.1	<i>Direct Evaporative Cooling</i> (DEC) .....	22
2.4.2	<i>Indirect Evaporative Cooling</i> (IEC).....	23
2.5	Perpindahan Kalor .....	23
2.5.1	Perpindahan Kalor Konduksi .....	24
2.5.2	Perpindahan Kalor Konveksi .....	24
2.5.3	Perpindahan Kalor Radiasi.....	25
2.6	Kerangka Berpikir .....	25
2.7	Penelitian – penelitian Terkait.....	26
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>32</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	32
3.2	Alat dan Bahan Penelitian .....	32
3.2.1	Perangkat Keras .....	32
3.2.2	Perangkat Lunak.....	33
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	34
3.4	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data .....	36
3.4.1.	Pengumpulan Data .....	36
3.4.2.	Desain Sistem Pendingin .....	36
3.5	Prosedur Pengambilan Data .....	42
3.6	Teknik Analisis Data .....	43
3.6.1.	Coefficient of Performance (COP).....	43
3.6.2.	Psikometri .....	43
3.7	Kalibrasi Alat Ukur .....	44
3.7.1.	Uncertainty .....	46
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>47</b>
4.1.	Hasil Pengujian.....	47
4.2.	Analisa Grafik Perubahan Temperatur .....	48
4.2.1	Data Pengujian Tanpa Sistem Pendingin .....	48
4.2.2	Data Pengujian pendingin TEC modul tunggal .....	51

4.2.3	Data Pengujian pendingin TEC modul ganda.....	56
4.2.4	Data pengujian pendingin evaporatif tidak langsung (IEC).....	60
4.2.5	Data pengujian kombinasi pendingin TEC modul tunggal dan evaporatif tidak langsung .....	70
4.2.6	Data pengujian kombinasi pendingin TEC modul ganda dan evaporatif tidak langsung .....	75
4.3	Konsumsi Daya Sistem Pendingin .....	79
4.4	Coefficient of Performance (COP).....	83
4.5	Perbandingan Sistem Pendingin .....	87
4.6	Analisa Uncertainty .....	94
BAB 5 PENUTUP .....		97
5.1.	Kesimpulan.....	97
5.2.	Saran .....	97
DAFTAR PUSTAKA .....		99
LAMPIRAN.....		103



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Diagram P-H [12] .....	7
<b>Gambar 2.2</b> Siklus mesin pendingin absorpsi (sumber: www.mekanisasikp.web.id) .....	8
<b>Gambar 2.3</b> Modul termoelektrik (sumber: www.reichelt.nl).....	18
<b>Gambar 2.4</b> Skematik pendingin termoelektrik [18].....	19
<b>Gambar 2.5</b> Contoh beberapa konfigurasi termoelektrik [20].....	20
<b>Gambar 2.6</b> skematik Modul termoelektrik tunggal [21].....	20
<b>Gambar 2.7</b> skematik Modul termoelektrik bertingkat [22].....	21
<b>Gambar 2.8</b> Skematik pendingin evaporatif langsung [26].....	22
<b>Gambar 2.9</b> Skematik pendingin evaporatif tak langsung [24] .....	23
<b>Gambar 2.10</b> Kerangka berpikir .....	26
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	34
<b>Gambar 3.2</b> Tampilan isometrik pendingin termoelektrik .....	36
<b>Gambar 3.3</b> Komponen sistem pendingin .....	37
<b>Gambar 3.4</b> Tampilan isometrik saluran pendingin .....	37
<b>Gambar 3.5</b> Potongan saluran Pendingin .....	38
<b>Gambar 3.6</b> Tampak samping replika kabin dan sistem pendingin.....	38
<b>Gambar 3.7</b> Tampak depan replika kabin dan sistem pendingin.....	39
<b>Gambar 3.8</b> Tampak belakang replika kabin dan sistem pendingin.....	39
<b>Gambar 3.9</b> Tampak samping saluran sistem pendingin dan modul TEC12706 .40	
<b>Gambar 3.10</b> Tampak atas saluran sistem pendingin dan modul TEC12706.....	40
<b>Gambar 3.6</b> skematik eksperimen dan pengambilan data .....	41
<b>Gambar 3.7</b> Diagram psikometri (sumber: www.engineeringtoolbox.com) .....	44
<b>Gambar 3.8</b> Profil pengukuran temperatur .....	45

<b>Gambar 4.1</b> Profil temperatur dan kelembapan kabin tanpa sistem pendingin ....	50
<b>Gambar 4.2</b> Profil temperatur dan kelembapan kabin dengan sistem pendingin TEC modul tunggal.....	53
<b>Gambar 4.3</b> Profil temperatur dan kelembapan kabin dengan sistem pendingin TEC modul ganda .....	58
<b>Gambar 4.4</b> Profil temperatur dan kelembapan kabin dengan sistem pendingin evaporatif 1 LPM .....	63
<b>Gambar 4.5</b> Profil temperatur dan kelembapan kabin dengan sistem pendingin evaporatif 2 LPM .....	67
<b>Gambar 4.6</b> Profil temperatur dan kelembapan kabin dengan sistem pendingin TEC modul tunggal + evaporatif .....	72
<b>Gambar 4.7</b> Profil temperatur dan kelembapan kabin dengan sistem pendingin TEC modul ganda + evaporative .....	77
<b>Gambar 4.8</b> Grafik perbandingan konsumsi daya .....	81
<b>Gambar 4.9</b> Profil perbandingan antara COP dan $\Delta T$ .....	86
<b>Gambar 4.10</b> Profil <i>power input</i> dan temperatur kabin pada beban pendingin	90
<b>Gambar 4.11</b> Profil <i>power input</i> dan temperatur kabin pada kecepatan angin	91
<b>Gambar 4.12</b> Perbandingan antara penurunan temperatur kabin dan penurunan temperatur sistem pendingin (a), perbandingan antara penurunan temperatur kabin dan konsumsi daya (b), perbandingan antara penurunan temperatur sistem pendingin dan COP .....	93

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Penelitian-penelitian terkait.....	26
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan pengujian .....	42
<b>Tabel 4.1</b> Tabel perbandingan konsumsi daya .....	80
<b>Tabel 4.2</b> Properti Udara dan Perhitungan COP .....	83
<b>Tabel 4.3</b> perbandingan data antar sistem pendingin .....	87
<b>Tabel 4.4</b> Analisa ncertainty antar sistem pendingin.....	94



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Perhitungan Beban Pendingin .....	103
1.	Beban metabolik.....	103
2.	Beban radiasi langsung .....	103
3.	Beban radiasi difusi.....	105
4.	Beban radiasi refleksi.....	107
5.	Beban ambien.....	108
6.	Beban engine.....	112
7.	Beban exhaust .....	113
8.	Beban AC.....	114
9.	Beban pengujian.....	115
<b>Lampiran 2</b>	Dokumentasi Pengambilan Data .....	116

