

**SKRIPSI**

**PENGEMBANGAN ALAT PENYEJUK UDARA PORTABLE  
MENGUNAKAN SISTEM PENDINGIN THERMOELECTRIC  
BERBANTUAN HEAT PIPE**



*Mencerdaskan dan  
Memartabatkan Bangsa*

**Disusun Oleh :**

**FAJAR HENDRIAWAN**

**1502617114**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2024**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengembangan Alat Penyejuk Udara *Portable*  
Menggunakan Sistem Pendingin *Thermoelectric*  
Berbantuan *Heat Pipe*

Penyusun : Fajar Hendriawan

NIM : 1502617114

Tanggal Ujian : 19 Januari 2024

Disetujui oleh :

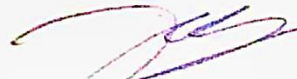
Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T.

NIP. 197902112012121001



Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.

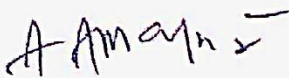
NIP. 197602052006041001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Sidang

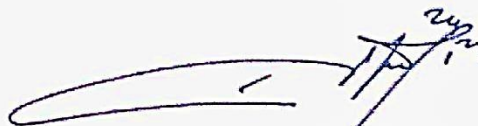
Sekretaris Sidang

Dosen Ahli



Aam Amanningsih Jumhur, Ph.D.

NIP. 197110162008122001



Dr. Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T.

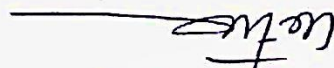
NIP. 198310132008121002



Dr. Rivadi Joyokusumo, S.T., M.T.

NIP. 196304201992031002

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Drs. Sopivan, M.Pd.

NIP. 196412231999031002

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Fajar Hendriawan  
No. Registrasi : 1502617114  
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 10 Juli 1999  
Alamat : Jalan kalibata selatan, RT.05/RW.04 No.32,  
Kelurahan Kalibata, Kecamatan Pancoran,  
Jakarta Selatan

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 secara tertulis kecuali tercantum 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, 24 Januari 2024

Yang membuat pernyataan



**Fajar Hendriawan**

No. Reg. 1502617114



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
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 : Fajar Hendriawan  
NIM : 1502617114  
Fakultas/Prodi : Teknik / Pendidikan Teknik Mesin  
Alamat email : fajarhendriawan10@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 Alat Penyejuk Udara Portable Menggunakan  
Sistem Pendingin Thermoelectric Berbantuan Heat Pipe

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

Penulis

  
( Fajar Hendriawan )  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Alat Penyejuk Udara Portable Menggunakan Sistem Pendingin *Thermoelectric* Berbantuan *Heat Pipe*”. Skripsi merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dari semua pihak yang telah membantu penulis, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Sopiyan, M.Pd., selaku Koorprodi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta
2. Bapak Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, arahan, dan semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan mengerjakan skripsi ini
3. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan penulisan sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini
4. Drs. Sirojuddin, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik kelas D 2017 Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
5. Seluruh Dosen, *Staff* Tata Usaha, *Staff* Laboratorium, serta Karyawan Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin
6. Orang tua yang selalu memberikan dukungan materil dan moril serta doa kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini
7. Teman-teman program studi S1 Pendidikan Teknik Mesin, yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini

Jakarta, 24 Januari 2024



Fajar Hendriawan

# PENGEMBANGAN ALAT PENYEJUK UDARA PORTABLE DENGAN MENGUNAKAN THERMOELECTRIC DAN HEAT PIPE

Fajar Hendriawan

Dr. Ragil Sukarno, S.T., M.T. & Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengembangan pada alat penyejuk udara *portable* dengan menggunakan *thermoelectric* dan *heat pipe*. Metode yang digunakan yaitu metode penembangan, dan alat eksperimen terdiri dari *thermoelectric cooler* yang digunakan untuk mendinginkan air pada alat pendingin, *heat pipe* digunakan untuk memaksimalkan pembuangan panas *thermoelectric*, kemudian *heat exchanger* untuk mengalirkan udara dingin. Alat pendingin diuji menggunakan 6 variasi yang terdiri dari peltier tunggal dengan *heat pipe sink*, *ice pack* tanpa peltier, *ice pack* dan peltier tunggal dengan *heat pipe sink*, *ice pack* dan peltier tunggal dengan *heat sink*, *ice pack* dan peltier ganda dengan *heat pipe sink*, dan *ice pack* dan peltier ganda dengan *heat sink*. Peltier ganda disusun secara seri kelistrikan dan thermal parallel. Pada masing-masing variasi pengujian diambil dengan 3 level kecepatan kipas yaitu 4,7 m/s, 5,8 m/s, dan 6,6 m/s. Sedangkan kecepatan udara pada sisi *cross flow heat exchanger* yaitu 2,7 m/s, 3,9 m/s, dan 4,7 m/s. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penggunaan *thermoelectric* mampu mendinginkan air dengan suhu yang lebih rendah dibandingkan hanya menggunakan *ice pack*. Kemudian hasil pengujian penggunaan *heat pipe* pada *heat sink* menunjukkan sisi panas *peltier* yang menggunakan *heat sink* suhunya lebih tinggi dibandingkan yang menggunakan *heat pipe sink*, sehingga dapat dikatakan *heat pipe* mampu memaksimalkan pembuangan panas pada *thermoelectric*.

*Kata kunci : heat pipe, thermoelectric cooler, heat exchanger*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	6
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI</b> .....	7
2.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap.....	7
2.2 Sistem Refrigerasi Absorpsi Uap .....	8
2.3 Dasar Perpindahan Panas .....	9
2.4 Pendinginan Evaporatif.....	10
2.5 Air Cooler .....	12
2.6 Heat Pipe .....	13
2.7 Thermoelectric Cooler .....	15
2.8 Heat Exchanger .....	20
2.9 Thermocouple .....	24
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	28
3.2 Alat dan Bahan.....	28
3.3 Metode Penelitian.....	32
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	33
3.5 Teknik Pengumpulan Data Penelitian .....	34
3.6 Rancangan Sistem Pendingin Water-Thermoelectric Cooler .....	34

3.7 Spesifikasi Cross Flow Heat Exchanger .....	36
3.8 Skematik Alat Pendingin <i>Thermoelectric</i> .....	37
3.9 Skematik Pengujian.....	39
3.10 Rancangan Alat Pendingin Thermoelectric .....	40
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....	41
4.1 Tujuan Penelitian .....	46
4.2 Data Hasil Penelitian.....	46
4.3 Perbandingan Perubahan Suhu Udara Pada Setiap Variabel .....	62
4.4 Perbandingan Perubahan Suhu Air Pada Setiap Variabel.....	65
4.5 Hasil Pengujian Peltier dan Heat Pipe .....	68
4.6 Hasil Pengukuran Debit Air.....	71
4.7 Perhitungan Efektivitas Heat Exchanger .....	72
4.8 Coefficient of Performance (COP).....	74
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....	65
5.1 Kesimpulan .....	79
5.2 Saran.....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	81
<b>LAMPIRAN</b> .....	85



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik sistem pendingin siklus kompresi uap standar [19] .....	7
Gambar 2.2 Prinsip kerja sistem refrigerasi absorpsi [20].....	8
Gambar 2.3 Pendingin evaporatif langsung [5] .....	11
Gambar 2.4 Pendingin evaporatif tidak langsung [5] .....	12
Gambar 2.5 <i>Air Cooler</i> [24] .....	12
Gambar 2.6 <i>Heat pipe</i> [25].....	13
Gambar 2.7 Konstruksi <i>heat pipe</i> [26].....	14
Gambar 2.8 Perpindahan panas pada <i>heat pipe</i> [27].....	14
Gambar 2.9 <i>Thermoelectric Cooler</i> [29].....	16
Gambar 2.10 Susunan semikonduktor pada <i>thermoelectric</i> [30].....	16
Gambar 2.11 Efek peltier [10] .....	16
Gambar 2.12 Skematik pendingin <i>thermoelectric</i> [31].....	17
Gambar 2.13 Profil temperatur <i>thermoelectric</i> [32] .....	18
Gambar 2.14 (a) Tipe <i>parallel</i> (b) Tipe <i>cascade</i> [34].....	19
Gambar 2.15 Konfigurasi aliran <i>heat exchanger</i> [35] .....	21
Gambar 2.16 Tipe <i>cross flow heat exchanger</i> [36].....	22
Gambar 2.17 <i>Thermocouple</i> tipe J [37] .....	25
Gambar 3.1 Skematik susunan <i>heat pipe</i> , <i>heat sink</i> , dan <i>fan</i> tampak atas.....	34
Gambar 3.2 Skematik susunan <i>heat pipe</i> , <i>heat sink</i> , dan <i>fan</i> tampak bawah.....	35
Gambar 3.3 Skematik susunan <i>heat pipe</i> , <i>heat sink</i> , dan <i>fan</i> tampak samping ....	35
Gambar 3.4 Dimensi ukuran <i>heat exchanger</i> .....	36
Gambar 3.5 <i>Cross flow heat exchanger</i> .....	36
Gambar 3.6 Skematik alat pendingin <i>thermoelectric</i> .....	37
Gambar 3.7 Skematik tampak kiri dan kanan alat pendingin <i>thermoelectric</i> .....	38
Gambar 3.8 Skematik tampak depan dan belakang alat pendingin .....	38
Gambar 3.9 Skematik titik peletakkan alat ukur .....	39
Gambar 3.10 Skematik titik peletakkan alat ukur pada <i>thermoelectric</i> .....	39
Gambar 3.11 Tampak depan alat pendingin <i>thermoelectric</i> .....	40
Gambar 3.12 Tampak belakang alat pendingin <i>thermoelectric</i> .....	40
Gambar 3.13 Tampak depan dan belakang alat pendingin <i>thermoelectric</i> .....	41

Gambar 3.14 Tampak kiri dan kanan alat pendingin <i>thermoelectric</i> .....	42
Gambar 3.15 Komponen alat pendingin <i>thermoelectric</i> .....	43
Gambar 4.1 Grafik pengujian ke-1 menggunakan air dan 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>low</i> .....	47
Gambar 4.2 Grafik pengujian ke-2 menggunakan air dan 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>medium</i> .....	48
Gambar 4.3 Grafik pengujian ke-3 menggunakan air dan 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>high</i> .....	48
Gambar 4.4 Grafik pengujian ke-4 menggunakan air dan <i>ice pack</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>low</i> .....	49
Gambar 4.5 Grafik pengujian ke-5 menggunakan air dan <i>ice pack</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>medium</i> .....	50
Gambar 4.6 Grafik pengujian ke-6 menggunakan air dan <i>ice pack</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>high</i> .....	51
Gambar 4. 7 Grafik pengujian ke-7 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>low</i> .....	52
Gambar 4. 8 Grafik pengujian ke-8 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>medium</i> .....	53
Gambar 4. 9 Grafik pengujian ke-9 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>high</i> .....	53
Gambar 4.10 Grafik pengujian ke-10 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>low</i> .....	54
Gambar 4.11 Grafik pengujian ke-11 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>medium</i> .....	55
Gambar 4.12 Grafik pengujian ke-12 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>high</i> .....	56
Gambar 4.13 Grafik pengujian ke-13 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>low</i> .....	57
Gambar 4. 14 Grafik pengujian ke-14 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>medium</i> .....	58
Gambar 4.15 Grafik pengujian ke-15 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat pipe sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>high</i> .....	58

Gambar 4. 16 Grafik pengujian ke-16 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>low</i> .....	59
Gambar 4.17 Grafik pengujian ke-17 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>medium</i> .....	60
Gambar 4. 18 Grafik pengujian ke-18 menggunakan air, <i>ice pack</i> , 2 pasang <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat sink</i> pada tingkat kecepatan kipas <i>high</i> .....	61
Gambar 4.19 Perubahan suhu udara pada kecepatan kipas <i>low</i> .....	62
Gambar 4.20 Perubahan suhu udara pada kecepatan kipas <i>medium</i> .....	63
Gambar 4. 21 Perubahan suhu udara pada kecepatan kipas <i>high</i> .....	63
Gambar 4.22 Perubahan suhu air pada kecepatan kipas <i>low</i> .....	65
Gambar 4.23 Perubahan suhu air pada kecepatan kipas <i>medium</i> .....	66
Gambar 4.24 Kenaikan suhu air pada kecepatan kipas <i>high</i> .....	67
Gambar 4. 25 Grafik suhu <i>peltier</i> tunggal menggunakan <i>heat pipe sink</i> .....	68
Gambar 4. 26 Grafik suhu <i>peltier</i> tunggal menggunakan <i>heat sink</i> .....	68
Gambar 4. 27 Grafik suhu <i>peltier</i> ganda menggunakan <i>heat pipe sink</i> .....	69
Gambar 4. 28 Grafik suhu <i>peltier</i> ganda menggunakan <i>heatsink</i> .....	69
Gambar 4. 29 Grafik perbedaan suhu <i>peltier</i> .....	70
Gambar 4.30 Pengukuran debit air.....	71
Gambar 4.31 COP variabel ke-1 menggunakan air dan <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> .....	74
Gambar 4.32 COP variabel ke-2 menggunakan air dan <i>ice pack</i> .....	75
Gambar 4. 33 COP variabel ke-3 menggunakan air, <i>ice pack</i> dan <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat pipe sink</i> .....	76
Gambar 4.34 COP variabel ke-4 menggunakan air, <i>ice pack</i> dan <i>peltier</i> tunggal dengan <i>heat sink</i> .....	77
Gambar 4. 35 COP variabel ke-5 menggunakan air, <i>ice pack</i> dan <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat pipe sink</i> .....	77
Gambar 4.36 COP variabel ke-6 menggunakan air, <i>ice pack</i> dan <i>peltier</i> ganda dengan <i>heat sink</i> .....	78

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bahan tipe-tipe thermocouple .....	26
Tabel 2.2 Spesifikasi tipe-tipe thermocouple .....	26
Tabel 3.1 Matriks Pengujian .....	45

