

SKRIPSI
STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA *CLOSED LOOP*
***PULSATING HEAT PIPE* DENGAN 9 LEKUKAN**
MENGGUNAKAN FLUIDA KERJA AQUADES DAN ETANOL



Intelligentia - Dignitas

MOCHAMMAD KHOIRUL ANAM AL ABITD
1520621008

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Studi Eksperimental Kinerja *Closed Loop Pulsating Heat Pipe* Dengan 9 Lekukan Menggunakan Fluida Aquades Dan Etanol

Penyusun : Mochammad Khoirul Anam Al Abitd

NIM : 1520621008

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

Pembimbing II : Dr. Eng. Agung Premono, M.T.

Tanggal Ujian : 19 Januari 2026

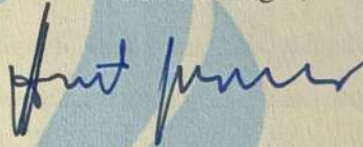
Disetujui oleh,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T.
NIP. 197911142012121001



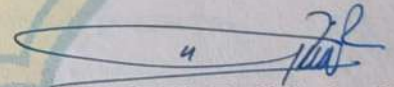
Dr. Eng. Agung Premono, M.T.
NIP. 197705012001121002

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,

Sekretaris Penguji,

Penguji Ahli,



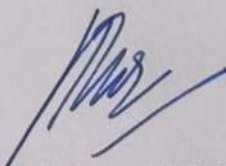
Churil Chanief Hidayat, S.T., M.Eng.
NIP. 199607162025061005

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

Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T.
NIP. 197604222006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Mochammad Khoirul Anam Al Abitd
NIM : 1520621008
Tempat,Tanggal Lahir : Blora, 1 Oktober 2002
Alamat : Jl. H. Untung RT 013 RW 004. Rawa Buaya,
Cengkareng – Jakarta Barat

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 dipeloreh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 1 Januari 2026

Yang membuat pernyataan

Mochammad Khe



NIM.1520621008

Intelligentia - Dignitas



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

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

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

Nama : Mochammad Khoirul Anam Al Abitd
NIM : 1520621008
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : muhammadanm53@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 Kinerja Closed Loop Pulsating Heat Pipe Dengan 9
Lekukan Menggunakan Fluida Aquades Dan Etanol

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, 20 Januari 2026
Penulis

Mochammad Khoirul Anam Al Abitd

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT Tuhan Maha Kuasa yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Diantara banyak nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Skripsi yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA *CLOSED LOOP PULSATING HEAT PIPE* DENGAN 9 LUKUKAN MENGGUNAKAN FLUIDA AQUADES DAN ETANOL” dengan baik serta tepat pada waktunya dan sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik (S.T) pada Program Studi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta (UNJ).

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini, untuk itu penulis mengucapkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. selaku dosen pembimbing satu yang telah memberikan banyak sekali pengetahuan, arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis selama proses skripsi dari awal hingga penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. Agung Premono, M.T. selaku dosen pembimbing dua yang telah memberikan banyak sekali pengetahuan, arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis selama proses skripsi dari awal hingga penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T. IPM., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin di Universitas Negeri Jakarta, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama masa studi.
4. Keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik.
5. Seluruh pihak yang turut serta membantu dalam pengerjaan penelitian ini.
6. Teman-teman seperjuangan S1 Teknik Mesin yang telah memberikan semangat dan kerja sama selama masa penyusunan skripsi.

Penulis berharap naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dalam menambah pengetahuan dan informasi mengenai hal yang dibahas dalam skripsi ini serta dapat berkontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Mesin.

Penulis memohon maaf karena menyadari terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini karena keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Akhir kata penulis berdoa semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Jakarta, 1 Januari 2026

Mochammad Khoirul Anam Al Abitd

NIM. 1520621008



STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA *CLOSED LOOP PULSATING HEAT PIPE* DENGAN 9 LUKUKAN MENGGUNAKAN FLUIDA KERJA AQUADES DAN ETANOL

Mochammad Khoirul Anam Al Abitd

Dosen Pembimbing: Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. dan Dr. Eng. Agung Premono, M.T.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja *Closed Loop Pulsating Heat Pipe* (CLPHP) dengan sembilan lekukan menggunakan pipa kapiler berdiameter dalam 2 mm yang dipanaskan oleh kawat nikelin, dengan variasi daya *input* dan sudut kemiringan serta penggunaan fluida kerja aquades (air destilasi) dan etanol. Parameter kinerja yang dievaluasi meliputi resistansi termal (R_{th}) dan laju perpindahan panas (Q_{out}). Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan daya *input* cenderung menurunkan nilai R_{th} dan meningkatkan Q_{out} , meskipun dipengaruhi oleh sudut kemiringan dan jenis fluida kerja. Pada fluida aquades (air destilasi), sudut kemiringan 60° memberikan kinerja terbaik dengan R_{th} terendah dan Q_{out} tertinggi yang stabil pada rentang daya 10 - 50 W, sedangkan sudut 0° menunjukkan kinerja terendah akibat ketidakstabilan aliran. Sementara itu, pada fluida etanol, sudut 30° menghasilkan Q_{out} tertinggi dan sudut 45° memberikan R_{th} terendah, sehingga sudut kemiringan optimum CLPHP berada pada kisaran 30° - 45° yang menunjukkan keseimbangan terbaik antara pengaruh gravitasi dan mekanisme osilasi fluida kerja.

Kata Kunci: *Closed Loop Pulsating Heat Pipe* (CLPHP), resistansi termal (R_{th}), laju perpindahan panas (Q_{out}), sudut kemiringan, daya input, fluida kerja, aquades (air destilasi), etanol

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PERFORMANCE OF A CLOSED LOOP PULSATING HEAT PIPE WITH 9 BENDS USING AQUADES AND ETHANOL AS WORKING FLUIDS

Mochammad Khoirul Anam Al Abitd

Supervisor: Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. dan Dr. Eng. Agung Premono, M.T.

ABSTRACT

This study aims to analyze the performance of a Closed Loop Pulsating Heat Pipe (CLPHP) with nine bends using a 2 mm inner diameter capillary tube heated by nickelin wire, with variations in input power and inclination angle and the use of distilled water and ethanol as working fluids. The performance parameters evaluated include thermal resistance (R_{th}) and heat transfer rate (Q_{out}). The test results show that increasing input power tends to decrease the R_{th} value and increase the Q_{out} , although it is influenced by the inclination angle and the type of working fluid. In distilled water, an inclination angle of 60° provides the best performance with the lowest R_{th} and the highest Q_{out} which is stable in the power range of 10 - 50 W, while an angle of 0° shows the lowest performance due to flow instability. Meanwhile, in ethanol fluid, an angle of 30° produces the highest Q_{out} and an angle of 45° provides the lowest R_{th} , so that the optimum inclination angle of the CLPHP is in the range of 30° - 45° which shows the best balance between the influence of gravity and the working fluid oscillation mechanism.

Keywords: Closed Loop Pulsating Heat Pipe (CLPHP), thermal resistance (R_{th}), heat transfer rate (Q_{out}), inclination angle, input power, working fluid, distilled water, ethanol

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Pipa Kalor (<i>Heat Pipe</i>)	6
2.1.1 Jenis Jenis <i>Heat Pipe</i>	7
2.1.2 <i>Pulsating Heat Pipe</i>	8
2.1.3 Mekanisme Kerja <i>Pulsating Heat Pipe</i>	9
2.2 Parameter <i>Pulsating Heat Pipe</i>	10
2.2.1 Diameter Dalam Pipa (<i>Inner Diameter</i>)	10
2.2.2 Resistansi Thermal <i>Pulsating Heat Pipe</i>	11
2.2.3 Material Pipa Kalor <i>Pulsating Heat Pipe</i>	11
2.2.4 Jumlah Lengkungan <i>Pulsating Heat Pipe</i>	11
2.2.5 Fluida Kerja Air Destilasi dan Etanol.....	11

2.2.6 Sudut Kemiringan <i>Pulsating Heat Pipe</i>	12
2.2.7 Variasi <i>Heat Input</i> Daya	13
2.2.8 Rasio Pengisian Fluida (<i>Filling Ratio</i>)	13
2.3 Penelitian Terkait	14
2.4 Kerangka Berpikir	16
2.5 Hipotesis Penelitian	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	19
3.1.1 Tempat.....	19
3.1.2 Waktu Pengerjaan	19
3.2 Instrumen Penelitian	19
3.2.1 Perangkat Penelitian.....	19
3.2.2 Peralatan Penelitian.....	20
3.3 Diagram Alir Penelitian	21
3.4 Gambar Desain <i>Heat Pipe Pulsating</i>	22
3.5 Skematik Pengujian <i>Heat Pipe Pulsating</i>	23
3.6 Alur Proses Pembuatan <i>Closed Loop Pulsating Heat Pipe</i>	23
3.6.1 Teknik Pengumpulan Data	23
3.6.2 Proses Desain dan <i>CNC Molding Heat Pipe</i>	24
3.6.3 Proses Pengelasan dan Pembuatan Kondensor	25
3.6.4 Proses Pemasangan Termokopel dan Kondensor	25
3.6.5 Proses Pembuatan <i>Stand Heat Pipe</i>	26
3.6.6 Proses Vakum Pada <i>Heat Pipe</i>	27
3.6.7 Proses <i>Filling Ratio</i>	28
3.7 Matriks Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian.....	31
4.1.1 Pengujian CLPHP Dengan Fluida Kerja Aquades (Air Destilasi)	32
4.1.2 Sudut Kemiringan 0° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	32
4.1.3 Sudut Kemiringan 30° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	34
4.1.4 Sudut Kemiringan 45° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	36
4.1.5 Sudut Kemiringan 60° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	38
4.1.6 Sudut Kemiringan 90° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	40
4.2 Hasil Kinerja CLPHP Terhadap Rth dan Q _{out} Fluida Kerja Aquades	41
4.2.1 Pengujian CLPHP Dengan Fluida Kerja Etanol.....	45
4.2.2 Sudut Kemiringan 0° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	46
4.2.3 Sudut Kemiringan 30° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	48
4.2.4 Sudut Kemiringan 45° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	49
4.2.5 Sudut Kemiringan 60° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	51
4.2.6 Sudut Kemiringan 90° Dengan Daya <i>Input</i> 10 – 50W	53
4.3 Hasil Kinerja CLPHP Terhadap Rth dan Q _{out}	55
4.4 Hasil Perhitungan Matriks Penelitian	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN.....	68

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel <i>Properties</i> fluida kerja pada temperatur 25°C	12
Tabel 2. 2 Penelitian terkait	14
Tabel 3. 1 Matriks Penelitian Aquades (air destilasi)	29
Tabel 3. 2 Matriks Penelitian Etanol	30
Tabel 4. 1 Hasil perhitungan rata rata temperatur	59
Tabel 4. 2 Hasil perhitungan rata rata temperatur	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus <i>heat pipe</i>	6
Gambar 2. 2 Siklus <i>conventional heat pipe</i>	7
Gambar 2. 3 Siklus <i>loop heat pipe</i>	8
Gambar 2. 4 <i>Pulsating heat pipe</i>	9
Gambar 2. 5 Mekanisme <i>pulsating heat pipe</i>	10
Gambar 3. 1 (a) Proses pengujian <i>heat pipe</i> (b) Proses CNC molding	19
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian	21
Gambar 3. 3 <i>Design 3D heat pipe pulsating</i>	22
Gambar 3. 4 Dimensi <i>pulsating heat pipe</i>	22
Gambar 3. 5 Skematik diagram pengujian <i>heat pipe pulsating</i>	23
Gambar 3. 6 (a) Proses CNC molding (b) Proses desain molding	24
Gambar 3. 7 (a) Proses pengelasan <i>heat pipe</i> (b) Proses pembuatan kondensor (c) proses <i>flearing heat pipe</i>	25
Gambar 3. 8 (a) Proses pemasangan termokopel K (b) Proses kalibrasi termokopel (c) Proses pemasangan <i>heat pipe</i> ke kondensor	26
Gambar 3. 9 (a) Proses penyesuaian <i>stand</i> (b) Proses pemotongan <i>stand</i>	27
Gambar 3. 10 (a) Proses vakum <i>heat pipe</i> (b) Proses mengeluarkan fluida.....	27
Gambar 3. 11 Proses filling ratio fluida.....	28
Gambar 4. 1 Pengujian <i>heat pipe</i> sudut kemiringan 0°	32
Gambar 4. 2 Grafik <i>heat pipe steady</i> sudut kemiringan 0°	33
Gambar 4. 3 Pengujian <i>heat pipe</i> sudut kemiringan 30°	34
Gambar 4. 4 Grafik <i>heat pipe steady</i> sudut kemiringan 30°	35
Gambar 4. 5 Pengujian <i>heat pipe</i> sudut kemiringan 45°	36
Gambar 4. 6 Grafik <i>heat pipe steady</i> sudut kemiringan 45°	37
Gambar 4. 7 Pengujian <i>heat pipe</i> sudut kemiringan 60°	38
Gambar 4. 8 Grafik <i>heat pipe steady</i> sudut kemiringan 60°	39
Gambar 4. 9 Pengujian <i>heat pipe</i> sudut kemiringan 90°	40
Gambar 4. 10 Grafik <i>heat pipe steady</i> sudut kemiringan 90°	40
Gambar 4. 11 Grafik resistansi thermal fluida kerja air destilasi	42

Gambar 4. 12	Grafik perpindahan panas (Q_{out}) fluida kerja air destilasi	44
Gambar 4. 13	Pengujian heat pipe sudut kemiringan 0°	46
Gambar 4. 14	Grafik heat pipe steady sudut kemiringan 0°	47
Gambar 4. 15	Pengujian heat pipe sudut kemiringan 30°	48
Gambar 4. 16	Grafik heat pipe steady sudut kemiringan 30°	48
Gambar 4. 17	Pengujian heat pipe sudut kemiringan 45°	50
Gambar 4. 18	Grafik heat pipe steady sudut kemiringan 45°	50
Gambar 4. 19	Pengujian heat pipe sudut kemiringan 60°	51
Gambar 4. 20	Grafik heat pipe steady sudut kemiringan 60°	52
Gambar 4. 21	Pengujian heat pipe sudut kemiringan 90°	53
Gambar 4. 22	Grafik heat pipe steady sudut kemiringan 90°	53
Gambar 4. 23	Grafik resistansi thermal fluida kerja etanol.....	55
Gambar 4. 24	Grafik perpindahan panas (Q_{out}) fluida kerja etanol.....	57

