

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH FLUIDA KERJA,
SUDUT KEMIRINGAN, DAN INPUT DAYA TERHADAP
KINERJA *CLOSED LOOP PULSATING HEAT PIPE***



Intelligentia - Dignitas

Disusun Oleh:

Dzikri Bilhaq

NIM : 1520621007

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

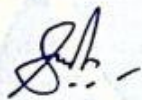
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Studi Eksperimental Pengaruh Fluida Kerja, Sudut Kemiringan, Dan Input Daya Terhadap Kinerja *Closed Loop Pulsating Heat Pipe*.
Penyusun : Dzikri Bilhaq
NIM : 1520621007
Pembimbing I : Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T.
Pembimbing II : Nugroho Gama Yoga, M.T.
Tanggal Ujian : 21 Januari 2026

Disetujui Oleh:

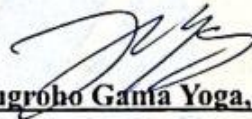
Pembimbing I,

Pembimbing II,



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

NIP. 197911142012121001



Nugroho Gama Yoga, M.T.

NIP. 197602052006041001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi:

Ketua Penguji,

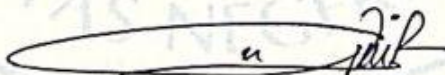
Sekretaris Penguji,

Penguji Ahli,



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

NIP. 197911022012121001



Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T.

NIP. 197604222006041001



Dr. Ahmad Kholil, M.T.

NIP. 197908312005011001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin



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

NIP. 197911022012121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Dzikri Bilhaq

No. Registrasi : 1520621007

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 16 Oktober 2002

Alamat : Jl. Mujair I No.8, RT. 004/RW. 009, Pasar Minggu,
Jakarta Selatan

Dengan ini 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, 3 Januari 2026

Penyusun



(Dzikri Bilhaq)



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 : Dzikri Bilhaq
NIM : 1520621007
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : bilhaqdzikri@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 Pengaruh Fluida Kerja, Sudut Kemiringan, dan Input Daya Terhadap Kinerja *Closed Loop Pulsating 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, 26 Januari 2026
Penulis,

Dzikri Bilhaq

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun Proposal Penelitian yang berjudul “Studi Eksperimental Pengaruh Fluida Kerja, Sudut Kemiringan, Dan Input Daya Terhadap Kinerja *Closed Loop Pulsating Heat Pipe*”.

Dalam proses penyusunan proposal ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa keberhasilan ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM. selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan arahan, pengajaran, dan dukungan penuh kepada penulis selama pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Nugroho Gama Yoga, M.T. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan banyak arahan dan masukan kepada penulis untuk meningkatkan proses penelitian.
4. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung lewat doa – doa yang tak pernah henti di ucapkan.
5. Teman-teman mahasiswa S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah turut serta membantu penulis dalam segala hal.

Penulis menyadari penelitian ini masih memiliki banyak kekurangannya, sehingga dalam kesempatan kali ini juga penulis bermaksud untuk meminta saran dan masukan dari semua pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua yang terlibat, semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan dari Tuhan Yang Maha Esa.

Jakarta, 3 Januari 2026

Penyusun

(Dzikri Bilhaq)

Studi Eksperimental Pengaruh Fluida Kerja, Sudut Kemiringan, dan Input Daya Terhadap Kinerja *Closed Loop Pulsating Heat Pipe*

Dzikri Bilhaq

Dosen Pembimbing: Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. & Nugroho Gama Yoga, M.T.

ABSTRAK

Peningkatan densitas daya pada perangkat elektronik akibat miniaturisasi menuntut sistem manajemen panas yang efektif dan efisien. Salah satu solusi yang berpotensi adalah penggunaan *Closed Loop Pulsating Heat Pipe* (CLPHP) sebagai perangkat perpindahan panas pasif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jenis fluida kerja, sudut kemiringan, dan input daya terhadap kinerja termal CLPHP. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan CLPHP berbahan tembaga dengan tujuh lekukan (*U-turn*), rasio pengisian fluida sebesar 65%, dan fluida kerja air destilasi serta etanol. Variasi sudut kemiringan yang digunakan adalah 0°, 30°, 45°, 60°, dan 90°, dengan input daya 10–50 W. Kinerja termal dianalisis berdasarkan parameter tahanan termal (R_{th}) dan laju perpindahan panas (Q_{out}). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan input daya secara umum menurunkan nilai tahanan termal dan meningkatkan laju perpindahan panas pada hampir seluruh sudut kemiringan. Sudut kemiringan 45°, 60°, dan 90° menghasilkan kinerja termal yang lebih baik dibandingkan sudut 0°, terutama pada input daya menengah hingga tinggi. Fluida kerja etanol menunjukkan respon osilasi yang lebih cepat, namun air destilasi memberikan kestabilan kinerja termal yang lebih baik pada beberapa kondisi. Secara keseluruhan, kinerja CLPHP dipengaruhi oleh interaksi antara jenis fluida kerja, sudut kemiringan, dan besarnya input daya.

Kata Kunci : *Closed Loop Pulsating Heat Pipe*, fluida kerja, sudut kemiringan, input daya, kinerja termal.

Experimental Study on the Effects of Working Fluid, Inclination Angle, and Heat Input on the Performance of a Closed Loop Pulsating Heat Pipe

Dzikri Bilhaq

Advisory Lecturer: Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. & Nugroho Gama Yoga, M.T.

ABSTRACT

The increase in power density of electronic devices due to miniaturization requires an effective and reliable thermal management system. One promising passive heat transfer device is the Closed Loop Pulsating Heat Pipe (CLPHP). This study aims to investigate the effects of working fluid, inclination angle, and heat input on the thermal performance of a CLPHP. An experimental study was conducted using a copper CLPHP with seven U-turns and a filling ratio of 65%, employing distilled water and ethanol as working fluids. The inclination angles were varied at 0°, 30°, 45°, 60°, and 90°, while the heat input ranged from 10 W to 50 W. The thermal performance was evaluated using thermal resistance (R_{th}) and heat transfer rate (Q_{out}) as performance parameters. The results indicate that increasing heat input generally reduces thermal resistance and enhances the heat transfer rate for most inclination angles. Inclination angles of 45°, 60°, and 90° show better thermal performance compared to the horizontal position, particularly at medium to high heat inputs. Ethanol exhibits a faster oscillation response, while distilled water provides more stable thermal performance under certain operating conditions. Overall, the thermal performance of the CLPHP is governed by the interaction between working fluid properties, inclination angle, and heat input.

Keywords : Closed Loop Pulsating Heat Pipe, working fluid, inclination angle, heat input, thermal performance.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I 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 II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Closed Loop Pulsating Heat Pipe</i>	6
2.2 Parameter Geometri.....	8
2.2.1 Material <i>Closed Loop Pulsating Heat Pipe</i>	9
2.2.2 Diameter <i>Closed Loop Pulsating Heat Pipe</i>	9
2.2.3 Panjang <i>Closed Loop Pulsating Heat Pipe</i>	11
2.2.4 Jumlah Lengkungan <i>Closed Loop Pulsating Heat Pipe</i>	11
2.3 Parameter Operasional <i>Closed Loop Pulsating Heat Pipe</i>	12
2.3.1 Fluida Kerja	12
2.3.2 Sudut Kemiringan.....	15

2.3.3 Variasi <i>Heat Input</i>	16
2.3.4 <i>Filling Rasio</i> (FR).....	17
2.4 Penelitian Terkait.....	18
2.5 Kerangka Berpikir	22
2.6 Hipotesis Penelitian.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	24
3.1.1 Tempat	24
3.1.2 Waktu Pengerjaan	24
3.2 Instrumen Penelitian.....	24
3.2.1 Perangkat Penelitian	24
3.2.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	24
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	27
3.4 Gambar Desain CLPHP.....	28
3.5 Skematik Penelitian.....	29
3.6 Eksperimental Set Up.....	29
3.6 Matriks Penelitian.....	30
3.7 Prosedur Pengambilan Data	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Kondisi Pengujian	36
4.2 Hasil Pengujian Sistem CLPHP	37
4.2.1 Fluida Kerja Air Destilasi pada Sudut Kemiringan dan Variasi Daya	37
4.2.2 Pengujian Fluida Kerja Etanol terhadap Sudut Kemiringan dan Input Daya	46
4.3 Analisis Kinerja Sistem CLPHP	53
4.3.1 Tahanan Termal (<i>Rth</i>).....	53

4.3.2 Laju Perpindahan Panas (<i>Q_{out}</i>)	56
4.4 Hasil Matriks Penelitian	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
DAFTAR LAMPIRAN.....	69
Lampiran 1 Proses Pembuatan Cetakan Lekukan CLPHP.....	69
Lampiran 2 Proses Kalibrasi Sensor <i>Flow Meter</i>	69
Lampiran 3 Proses Pemasangan Termokopel dan Kawat Nikelin.....	70
Lampiran 4 Proses Vakum dan Pengisian Fluida	70
Lampiran 5 Proses Pengambilan Data.....	70



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat termofisik tembaga [13].....	9
Tabel 2.2 Perbedaan sifat termal berbagai fluida kerja [22].	14
Tabel 3.1 Matriks Penelitian Fluida Kerja Air Destilasi terhadap Sudut Kemiringan dan Input Daya.....	31
Tabel 3.2 Matriks Penelitian Fluida Kerja Etanol terhadap Sudut Kemiringan dan Input Daya.....	32
Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fluida Kerja Air Destilasi.....	60
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fluida Kerja Etanol	61



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skematik Pulsating Heat Pipe (PHP) [14].....	6
Gambar 2.2 Jenis PHP: (a) CLPHP, (b) CLPHP dengan katup, (c) OLPHP [14]...	7
Gambar 2.3 Skema kondisi fluida dalam berbagai kasus diameter kritis [18].....	10
Gambar 2.4 Bagian-bagian dari CLPHP [6].	11
Gambar 2.5 Pola Aliran pada sistem CLPHP	15
Gambar 2.6 Kerangka Berpikir	22
 Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	 27
Gambar 3.2 Model 3D Alat Penelitian	28
Gambar 3.3 Dimensi Closed Loop Pulsating Heat Pipe	28
Gambar 3.4 Skematik Penelitian.....	29
Gambar 3.5 Alat Uji.....	34
 Gambar 4.1 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 0°	 38
Gambar 4.2 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 30°	39
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 45°	41
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 60°	43
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 90°	44
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 0°	46
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 30°	47
Gambar 4.8 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 45°	49
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 60°	50
Gambar 4.10 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 90°	52
Gambar 4.11 Hasil kinerja Resistansi Termal	54
Gambar 4.12 Hasil Kinerja Perpindahan Panas	57