

SKRIPSI
STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA
PIPA KALOR BERDENYUT TERTUTUP DENGAN VARIASI
KEMIRINGAN DAN JENIS FLUIDA KERJA



Intelligentia - Dignitas

DISUSUN OLEH:
RANGGA BAGUS SANTOSA
NIM: 1520621014

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA PIPA KALOR
BERDENYUT TERTUTUP DENGAN VARIASI
KEMIRINGAN DAN JENIS FLUIDA KERJA.

Nama Penyusun : RANGGA BAGUS SANTOSA

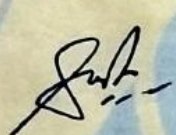
NIM : 1520621014

Tanggal Ujian : 21 Januari 2026

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


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

NIP. 197911142012121001


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

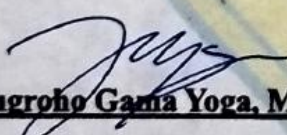
NIP. 197911022012121001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,

Sekretaris Penguji,

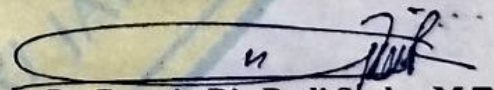
Dosen Ahli,


Nugroho Gama Yoga, M.T.

NIP. 197602052006041001


Dr. Ahmad Kholil, M.T.

NIP. 197908312005011001


Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T.

NIP. 197604222006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin

Universitas Negeri Jakarta

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

NIP. 197911022012121001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ranga Bagus Santosa
No. Registrasi : 1520621014
Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 08 September 2002
Alamat : Jl. Raya Tengah, RT.009/RW.008 No.21, Kel.
Gedong, Kec. Pasar Rebo, Jakarta Timur, 13760.

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, 21 Januari 2026

Yang membuat pernyataan



Ranga Bagus Santosa

No. Reg. 1520621014

Intelligentia - Digi



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 : Rangga Bagus Santosa
NIM : 1520621014
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : ranggabagussantosa@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 Pipa Kalor Berdenyut Tertutup Dengan Variasi Kemiringan dan Jenis Fluida Kerja

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, 23 Januari 2026
Penulis

Rangga Bagus Santosa

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 PIPA KALOR BERDENYUT TERTUTUP DENGAN VARIASI KEMIRINGAN DAN JENIS FLUIDA KERJA” 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 pertama yang telah memberikan banyak sekali pengetahuan, arahan, bimbingan, dan motivasi kepada penulis selama proses skripsi dari awal hingga penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM., selaku dosen pembimbing kedua yang telah membantu dalam penulisan laporan dan selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin di Universitas Negeri Jakarta, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama masa studi.
3. Keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan materil sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik.
4. Dzikri Bilhaq dan Mochammad Khoirul Anam Al Abitd yang telah turut serta membantu saya dalam pengerjaan penelitian ini.
5. 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, 20 Maret 2025

Penyusun,

Rangga Bagus Santosa

NIM. 1520621014



Intelligentia - Dignitas

**STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA
PIPA KALOR BERDENYUT TERTUTUP DENGAN VARIASI
KEMIRINGAN DAN JENIS FLUIDA KERJA**

Rangga Bagus Santosa

Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. dan Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM.

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pengaruh sudut kemiringan dan jenis fluida kerja terhadap kinerja *Close Loop Pulsating Heat Pipe* (CLPHP) menggunakan pipa tembaga berdiameter dalam 2 mm dengan 5 lekukan dan *filling ratio* 65%. Variasi meliputi sudut 0°, 30°, 45°, 60°, 90° dengan fluida air distilasi dan etanol, serta *input* daya 10W–50W. Parameter yang dianalisis adalah resistensi termal (R_{th}) dan laju perpindahan panas (Q_{out}). Hasil menunjukkan bahwa sudut kemiringan sangat mempengaruhi kinerja CLPHP. Air distilasi mencapai R_{th} terendah 0,24°C/W pada 60° dan Q_{out} 47W, sedangkan etanol mencapai R_{th} 0,60°C/W pada 60° dan Q_{out} 49W pada 45°. Sudut 0° memberikan kinerja paling rendah. Etanol lebih efektif pada daya rendah–menengah karena titik didihnya yang rendah, sementara air distilasi optimal pada daya tinggi berkat kalor laten besar. Secara keseluruhan, air distilasi paling sesuai untuk sudut 60°–90° pada daya tinggi, sedangkan etanol optimal pada sudut 45° untuk daya 10–30 W.

Kata Kunci: air distilasi, *close loop pulsating heat pipe*, etanol, laju perpindahan panas (Q_{out}), resistensi termal (R_{th}), sudut kemiringan.

Intelligentia - Dignitas

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF A CLOSED-LOOP PULSATING HEAT PIPE UNDER DIFFERENT INCLINATION ANGLES AND WORKING FLUIDS

Rangga Bagus Santosa

Dr. Eng. I Wayan Sugita, M.T. dan Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM.

ABSTRACT

This study analyzes the influence of inclination angle and working fluid type on the performance of a Closed Loop Pulsating Heat Pipe (CLPHP). The experimental setup uses a 2 mm inner-diameter copper pipe with five turns and a 65% filling ratio. Variations include inclination angles of 0°, 30°, 45°, 60°, and 90°, working fluids (distilled water and ethanol), and heat input ranging from 10 W to 50 W. The evaluated parameters are thermal resistance (R_{th}) and heat transfer rate (Q_{out}). Results show that inclination angle significantly affects CLPHP performance. Distilled water achieves the lowest R_{th} of 0.24°C/W at 60° and a maximum Q_{out} of 47W, while ethanol records a minimum R_{th} of 0.60°C/W at 60° and a maximum Q_{out} of 49W at 45°, both at 50W input. Performance decreases sharply at 0°. Ethanol performs better at low to medium heat input (10–30 W) due to its low boiling point, whereas distilled water is optimal at higher heat input (40–50W) because of its high latent heat. Overall, distilled water is recommended for inclination angles of 60°–90° under high heat input, while ethanol is most effective at 45° for applications requiring 10–30W.

Keywords: Distilled Water, Close Loop Pulsating Heat Pipe, Ethanol, Heat Transfer Rate (Q_{out}), Thermal Resistance (R_{th}), Inclination Angle.

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
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 KERANGKA TEORITIK	6
2.1 Pipa Kalor Berdenyut (Pulsating Heat Pipe)	6
2.2 Mekanisme Perpindahan Panas Pada Pipa Kalor	7
2.3 Parameter Yang Mempengaruhi Kinerja Pipa Kalor	9
2.3.1 Geometri Pipa Kalor	9
2.3.2 Fluida Kerja	11
2.3.3 Sudut Kemiringan	12
2.3.4 Rasio Pengisian (<i>Filling Ratio</i>)	12
2.3.5 Efisiensi Perpindahan Panas	13
2.4 Studi Penelitian Terdahulu	14

2.5	Kerangka Berpikir	16
2.6	Hipotesis Penelitian	17
BAB III METODE PENELITIAN.....		18
3.1	Tempat dan Waktu	18
3.1.1	Tempat.....	18
3.1.2	Waktu	18
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	18
3.2.1	Peralatan Uji.....	18
3.2.2	Peralatan Tangan.....	18
3.3.3	Bahan Uji	18
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	19
3.4	Gambar Desain <i>Close Loop Pulsating Heat Pipe</i>	20
3.5	Skematik Pengujian	21
3.5.1	Skematik Proses Vacuum dan Filling	22
3.5.2	Skematik Pengujian <i>Close Loop Pulsating Heat Pipe</i>	23
3.6	Teknik Pengumpulan Data	26
3.7	Matriks Penelitian.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Hasil Pengujian <i>Close Loop Pulsating Heat Pipe</i>	31
4.1.1	Hasil Pengujian Pada Fluida kerja Air Distilasi.....	31
4.1.2	Hasil Pengujian Pada Fluida Kerja Etanol	39
4.2	Analisis Kinerja <i>Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> (CLPHP)	47
4.2.1	Analisis Terhadap Resistensi Termal (R_{th}).....	47
4.2.2	Analisis Terhadap Perpindahan Panas (Q_{out}).....	51
4.3	Pengaruh Jenis Fluida Kerja	54

BAB V PENUTUP.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	62



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Termofisika Fluida Kerja Pada Suhu 30°C dan Tekanan 1 atm Dalam Penerapan Pulsating Heat Pipe (PHP).....	11
Tabel 2.2 Penelitian Relevan.....	14
Tabel 3.1 Matriks Sudut Kemiringan Pada Fluida Kerja Air Distilasi.....	28
Tabel 3.2 Matriks Sudut Kemiringan Pada Fluida Kerja Etanol.....	29

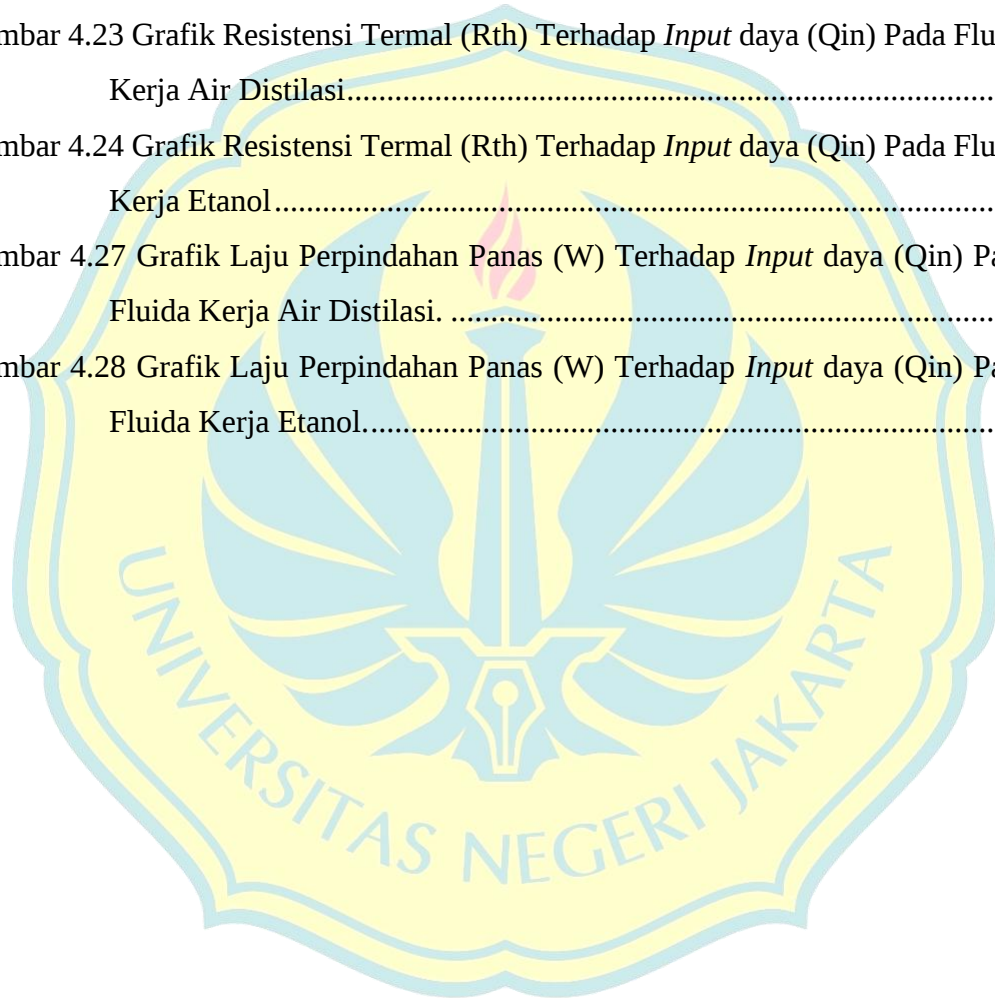


Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis Pipa Kalor Berdenyut: a. Pipa kalor tertutup, b. Pipa Kalor tertutup dengan katup, c. Pipa kalor terbuka.....	6
Gambar 2.2 Closed loop pulsating heat pipe dan pola alirannya.	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3.2 Model 3D Alat Penelitian	20
Gambar 3.3 Dimensi Pulsating Heat Pipe	20
Gambar 3.4 a. Kemiringan 0° (horizontal), b. Kemiringan 30°, c. Kemiringan 45°, d. Kemiringan 60°, e. Kemiringan 90° (vertikal).	21
Gambar 3.5 Close Loop Pulsating Heat Pipe	22
Gambar 3.6 Proses Vakum Pada Close Loop Pulsating Heat Pipe	22
Gambar 3.7 Proses <i>Filling</i> Fluida Kerja Pada <i>Close Loop Pulsating Heat Pipe</i>	23
Gambar 3.8 Skematik Penelitian <i>Close Loop Pulsating Heat Pipe</i>	24
Gambar 3.9 Rangkaian Alat Uji <i>Close Loop Pulsating Heat Pipe</i>	26
Gambar 3.10 Thermometer Logger.....	27
Gambar 3.11 a.) Variac, b.) Tang Ampere, c.) Multimeter.....	27
Gambar 4.1 <i>Set up</i> Pengambilan Data Fluida Kerja Air Distilasi	31
Gambar 4.2 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 0° (Horizontal) .	32
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 0°.....	32
Gambar 4.4 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 30°	33
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 30°.....	34
Gambar 4.6 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 45°	35
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 45°.....	35
Gambar 4.8 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 60°	36
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 60°.....	36
Gambar 4.10 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 90°.....	37
Gambar 4.11 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 90°.....	38
Gambar 4.12 <i>Set up</i> Pengambilan Data Fluida Kerja Etanol	39
Gambar 4.13 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 0°	39
Gambar 4.14 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 0°.....	40
Gambar 4.15 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 30°	41
Gambar 4.16 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 30°.....	41

Gambar 4.17 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 45°	42
Gambar 4.18 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 45°	43
Gambar 4.19 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 60°	44
Gambar 4.20 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 60°	44
Gambar 4.21 <i>Set Up Close Loop Pulsating Heat Pipe</i> Pada Sudut 90°	45
Gambar 4.22 Grafik Pengujian Temperatur Terhadap Waktu Pada Sudut 90°	46
Gambar 4.23 Grafik Resistensi Termal (R_{th}) Terhadap <i>Input</i> daya (Q_{in}) Pada Fluida Kerja Air Distilasi.....	47
Gambar 4.24 Grafik Resistensi Termal (R_{th}) Terhadap <i>Input</i> daya (Q_{in}) Pada Fluida Kerja Etanol.....	49
Gambar 4.27 Grafik Laju Perpindahan Panas (W) Terhadap <i>Input</i> daya (Q_{in}) Pada Fluida Kerja Air Distilasi.	51
Gambar 4.28 Grafik Laju Perpindahan Panas (W) Terhadap <i>Input</i> daya (Q_{in}) Pada Fluida Kerja Etanol.....	53



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rangkaian Pipa Vakum.....	62
Lampiran 2 Proses Pembentukan <i>Molding</i> Lekukan CLPHP Dengan Mesin CNC	62
Lampiran 3 Proses Pembentukan Lekukan CLPHP	62
Lampiran 4 Proses Pemasangan Termokopel Pada CLPHP	63
Lampiran 5 Proses Kalibrasi Sensor <i>Flowmeter</i>	63
Lampiran 6 Proses Pembuatan Meja Alat Penelitian	63



Intelligentia - Dignitas