

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR GENERATOR
TERHADAP LAJU ALIRAN MASSA PADA POMPA GELEMBUNG
UNTUK SISTEM REFRIGERASI ABSORPSI DENGAN
REFRIGERAN H₂O**



Intelligentia - Dignitas

Disusun Oleh :

Kevin Irvansah

NIM : 1520621006

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN (1)

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Generator Terhadap Laju Aliran Massa pada Pompa Gelembung Untuk Sistem Refrigerasi Absorpsi Dengan Refrigeran H₂O

Penyusun : Kevin Irvansah

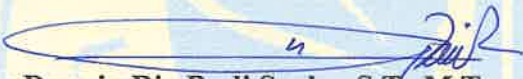
NIM : 1520621006

Tanggal Ujian : 31 Oktober 2025

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


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


Dr. Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 197908312005011001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


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

Intelligentia - Dignitas

LEMBAR PENGESAHAN (2)

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Generator Terhadap Laju Aliran Massa pada Pompa Gelembung Untuk Sistem Refrigerasi Absorpsi Dengan Refrigeran H₂O

Penyusun : Kevin Irvansah

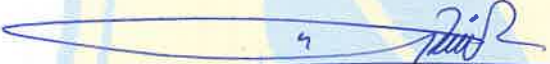
NIM : 1520621006

Tanggal Ujian : 31 Oktober 2025

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T., M.T.

NIP. 197604222006041001


Dr. Ahmad Kholil, S.T., M.T.

NIP. 197908312005011001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,

Sekretaris Penguji,

Dosen Ahli,


Nugroho Gama Yoga, M.T.

NIP. 197602052006041001


Dyah Arum Wulandari, M.T.

NIP. 197708012008012006


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

NIP 197911022012121001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


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

NIP 197911022012121001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Kevin Irvansah

No. Registrasi : 1520621006

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 23 Februari 2003

Alamat : Jl. Kampung Kapuk 2, Klender, Kota Jakarta Timur,
Daerah Khusus Jakarta

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat 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 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, 03 November 2025

Yang membuat pernyataan



Kevin Irvansah

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 : Kevin Irvansah
NIM : 1520621006
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : danielkevinirv@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 :

Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Generator Terhadap Laju Aliran Massa pada Pompa Gelembung Untuk Sistem Refrigerasi Absorpsi dengan Refrigeran H₂O

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, 07 November 2025
Penulis

Kevin Irvansah

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Temperatur Generator Terhadap Laju Aliran Massa pada Pompa Gelembung Untuk Sistem Refrigerasi Absorpsi Dengan Refrigeran H₂O”. Penyusunan proposal skripsi ini dituliskan sebagai salah satu kewajiban dan syarat kelulusan pada Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Laporan ini disusun berdasarkan studi literatur, dan pengajaran langsung dari dosen. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I atas kesediaannya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II atas kesediaannya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Ir. Ragil Sukarno, S.T., M.T., IPM. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin atas kesediaannya dalam memberikan arahan, bimbingan, dan dorongan semangat dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen pengajar dan Staf Administrasi Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang telah memberikan bantuannya dalam memperlancar proses penyusunan skripsi ini.
5. Serta kedua orang tua dan keluarga yang serta membantu dalam segala hal.
6. Naufal, Rafa, Kautsar, Yuan, Javier, Farhan, Monte, Cantika, Jehan, Dani, Mute, Agun, Anti, Abyan, dan seluruh teman-teman Teknik Mesin 2021 yang telah memberikan ilmu, dan kebaikan nya selama proses pengerjaan skripsi ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan oleh penulis satu persatu yang telah memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan menjadi salah satu referensi yang berguna dalam bidang terkait. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam karya ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Ucapan terima kasih yang tulus dari penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama proses penyusunan karya ini. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

Jakarta, 01 Oktober 2025



Kevin Irvansah

NIM. 1520621006



Intelligentia - Dignitas

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR GENERATOR TERHADAP LAJU ALIRAN MASSA PADA POMPA GELEMBUNG UNTUK SISTEM REFRIGERASI ABSORPSI DENGAN REFRIGERAN H₂O

Kevin Irvansah

Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. & Dr. Ahmad Kholil, M.T.

ABSTRAK

Sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi konsumsi energi fosil yang besar dan juga dampak kerusakan lingkungan, para peneliti telah berhasil mengembangkan siklus refrigerasi absorpsi. Siklus refrigerasi absorpsi adalah siklus pendinginan yang menggunakan panas (*heat*) sebagai sumber energi utama untuk menghasilkan efek pendinginan dengan memanfaatkan refrigeran dan absorben sebagai fluida kerja. Teknologi sistem refrigerasi absorpsi memberikan peluang penghematan konsumsi energi fosil melalui penggunaan energi sumber panas termal yang berasal dari energi panas buang (*waste heat energy*) dan energi terbarukan. Penelitian ini mengusulkan sistem pendingin absorpsi berfokus pada pompa gelembung dengan variasi temperatur generator dan *submergence ratio* dengan tujuan mengetahui pengaruh tiap variasi terhadap laju aliran massa. Pada generator diberi masukan variasi temperatur generator, yaitu 55°C, 60°C, dan 65°C, dan *submergence ratio* 0,54, 0,62, dan 0,7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur generator secara konsisten meningkatkan laju aliran massa cairan dari 0,00384 kg/s hingga 0,00685 kg/s dan laju aliran massa uap dari 0,0004 kg/s hingga 0,0020 kg/s pada berbagai variasi *submergence ratio*. Namun, peningkatan ini diikuti dengan penurunan *lifting ratio* dari 10,9 menjadi 3,2. *Submergence ratio* 0,54 menghasilkan laju aliran tertinggi, sementara *submergence ratio* 0,70 memberikan kapasitas pemompaan terendah. Hampir semua aliran didominasi oleh *slug flow*, *churn flow*, dan *annular flow*.

Kata kunci : laju aliran massa, pola aliran, pompa gelembung, rasio perendaman, temperatur generator

ANALYSIS OF THE EFFECT OF GENERATOR TEMPERATURE VARIATION ON MASS FLOW RATE IN BUBBLE PUMP FOR ABSORPTION REFRIGERATION SYSTEM WITH H₂O REFRIGERANT

Kevin Irvansah

Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. & Dr. Ahmad Kholil, M.T.

ABSTRACT

As one of the alternatives to reduce high fossil energy consumption and environmental damage, researchers have successfully developed absorption refrigeration cycles. The absorption refrigeration cycle is a cooling cycle that uses heat as the primary energy source to produce cooling effects by utilizing refrigerant and absorbent as working fluids. Absorption refrigeration system technology offers opportunities for fossil energy consumption savings through the use of thermal heat energy sources from waste heat energy and renewable energy. This study proposes an absorption cooling system focusing on bubble pump with variations in generator temperature and submergence ratio with the aim of determining the effect of each variation on mass flow rate. The generator is given input variations of generator temperature, namely 55°C, 60°C, and 65°C, and submergence ratios of 0.54, 0.62, and 0.7. The research results show that increasing generator temperature consistently increases liquid mass flow rate from 0.00384 kg/s to 0.00685 kg/s and vapor mass flow rate from 0.0004 kg/s to 0.0020 kg/s at various submergence ratio variations. However, this increase is followed by a decrease in lifting ratio from 10.9 to 3.2. Submergence ratio of 0.54 produces the highest flow rate, while submergence ratio of 0.70 provides the lowest pumping capacity. Almost all flows are dominated by slug flow, churn flow, and annular flow.

Keywords: bubble pump, flow pattern, generator temperature, mass flow rate, submergence ratio

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN (1).....	i
LEMBAR PENGESAHAN (2).....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Mesin Pendingin	6
2.2 Komponen Siklus Refrigerasi Absorpsi	10
2.3 Komponen Pompa Gelembung	13
2.3.1 <i>Lift Tube</i>	13
2.3.2 Reservoir	14
2.3.3 Generator.....	14
2.3.4 Separator	15
2.3.5 Kondensor	15
2.3.6 <i>Electric Heater</i>	15
2.3.7 Instrumentasi	16
2.4 Fluida Kerja Siklus Refrigerasi Absorpsi.....	17
2.4.1 Larutan Air-Amonia	17

2.4.2 Larutan Lithium Bromida-Air.....	18
2.5 Pola Aliran.....	20
2.6 Analisa dan Perhitungan Kinerja Pompa Gelembung.....	23
2.6.1 <i>Submergence Ratio</i>	23
2.6.2 Laju Aliran Pompa Gelembung.....	24
2.7 Penelitian Terkait.....	25
2.8 Kerangka Berpikir.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	31
3.2 Alat dan Bahan	31
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.4 Skema Penelitian Pompa Gelembung.....	34
3.5 Matriks Penelitian	36
3.6 Skematik Pengujian.....	37
3.7 Analisis Data Hasil Penelitian.....	39
3.8 Kalibrasi Sensor	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Pengujian Temperatur 55°C	41
4.2 Pengujian Temperatur 60°C	55
4.3 Pengujian Temperatur 65°C	70
4.4 Perhitungan Laju Aliran Massa.....	85
4.4.1 Pengaruh Temperatur dan <i>Submergence Ratio</i> terhadap <i>Liquid Mass Flow Rate</i>	86
4.4.2 Pengaruh Temperatur dan <i>Submergence Ratio</i> terhadap <i>Vapor Mass Flow Rate</i>	88
4.4.3 Pengaruh Temperatur dan <i>Submergence Ratio</i> terhadap <i>lifting ratio</i> ..	90
BAB V KESIMPULAN.....	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN.....	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik LiBr-H ₂ O (J. Pátek, 2006)	18
Tabel 2.2 <i>Thermophysical Properties</i> LiBr-H ₂ O (Ashrae, 2009)	19
Tabel 2. 3 Penelitian terkait pompa gelembung untuk sistem pendingin absorpsi	25
Tabel 3. 1 Matriks Penelitian	36



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	7
Gambar 2.2 Siklus Refrigerasi Absorpsi.....	8
Gambar 2.3 Generator.....	10
Gambar 2.4 Absorber.....	10
Gambar 2.5 Kondensor.....	11
Gambar 2.6 Evaporator.....	11
Gambar 2.7 Katup Ekspansi.....	12
Gambar 2.8 Pompa gelembung.....	12
Gambar 2.9 <i>Lift Tube</i>	13
Gambar 2.10 Reservoir.....	14
Gambar 2.11 Generator.....	14
Gambar 2.12 Separator.....	15
Gambar 2.13 <i>Electric Heater</i>	15
Gambar 2.14 <i>Flowmeter</i>	16
Gambar 2.15 <i>Pressure Transducer</i>	16
Gambar 2.16 <i>Thermocouple</i>	17
Gambar 2.17 Diagram Tekanan-Temperatur-Konsentrasi H ₂ O-LiBr (Ashrae, 2009).....	20
Gambar 2.18 <i>Bubbly Flow</i>	20
Gambar 2.19 <i>Slug Flow</i>	21
Gambar 2.20 <i>Churn Flow</i>	21
Gambar 2.21 <i>Wispy Annular Flow</i>	22
Gambar 2.22 <i>Annular Flow</i>	22
Gambar 2.23 Sketsa Pompa Gelembung.....	23
Gambar 2.24 Kerangka Berpikir.....	30
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	33
Gambar 3.2 Pompa Gelembung.....	34
Gambar 3.3 Pompa Gelembung.....	37
Gambar 3.4 Generator.....	38
Gambar 3.5 Separator.....	38
Gambar 3.6 Reservoir.....	38
Gambar 3.7 <i>Flowmeter</i> Separator – Reservoir.....	38
Gambar 3.8 <i>Flowmeter</i> Reservoir - Separator.....	38
Gambar 3.9 Kalibrasi Pressure Transducer GPT 88 0 bar – (-1 bar) dengan <i>Pressure Gauge</i>	40
Gambar 3.10 Kalibrasi <i>Flowmeter</i> YF-S401 dengan Pompa Air.....	40
Gambar 4. 1 Grafik Temperatur Pengujian 55°C SR 0,7.....	41
Gambar 4.2 Grafik Tekanan Pengujian 55°C SR 0,7.....	42
Gambar 4.3 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 55°C SR 0,7.....	43
Gambar 4.4 Karakteristik Gelembung Pengujian 55°C SR 0,7.....	44

Gambar 4.5 Grafik Temperatur Pengujian 55°C SR 0,62	45
Gambar 4.6 Grafik Tekanan Pengujian 55°C SR 0,62	46
Gambar 4.7 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 55°C SR 0,62	47
Gambar 4.8 Karakteristik Gelembung Pengujian 55°C SR 0,62	49
Gambar 4.9 Grafik Temperatur Pengujian 55°C SR 0,54	50
Gambar 4.10 Grafik Tekanan Pengujian 55°C SR 0,54	51
Gambar 4.11 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 55°C SR 0,54	52
Gambar 4.12 Karakteristik Gelembung Pengujian 55°C SR 0,54	54
Gambar 4.13 Grafik Temperatur Pengujian 60°C SR 0,7	55
Gambar 4.14 Grafik Tekanan Pengujian 60°C SR 0,7	56
Gambar 4.15 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 60°C SR 0,7	57
Gambar 4.16 Karakteristik Gelembung Pengujian 60°C SR 0,7	59
Gambar 4.17 Grafik Temperatur Pengujian 60°C SR 0,62	60
Gambar 4.18 Grafik Tekanan Pengujian 60°C SR 0,62	61
Gambar 4.19 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 60°C SR 0,62	62
Gambar 4.20 Karakteristik Gelembung Pengujian 60°C SR 0,62	64
Gambar 4.21 Grafik Temperatur Pengujian 60°C SR 0,54	65
Gambar 4.22 Grafik Tekanan Pengujian 60°C SR 0,54	66
Gambar 4.23 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 60°C SR 0,54	67
Gambar 4.24 Karakteristik Gelembung Pengujian 60°C SR 0,54	69
Gambar 4.25 Grafik Temperatur Pengujian 65°C SR 0,7	70
Gambar 4.26 Grafik Tekanan Pengujian 65°C SR 0,7	71
Gambar 4.27 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 65°C SR 0,7	72
Gambar 4.28 Karakteristik Gelembung Pengujian 65°C SR 0,7	74
Gambar 4.29 Grafik Temperatur Pengujian 65°C SR 0,62	75
Gambar 4.30 Grafik Tekanan Pengujian 65°C SR 0,62	76
Gambar 4.31 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 65°C SR 0,62	77
Gambar 4.32 Karakteristik Gelembung Pengujian 65°C SR 0,62	79
Gambar 4.33 Grafik Temperatur Pengujian 65°C SR 0,54	80
Gambar 4.34 Grafik Tekanan Pengujian 65°C SR 0,54	81
Gambar 4.35 Grafik Laju Aliran Massa Cairan Pengujian 65°C SR 0,54	82
Gambar 4.36 Karakteristik Gelembung Pengujian 65°C SR 0,54	84
Gambar 4.37 Grafik <i>Liquid Mass Flow Rate</i>	86
Gambar 4.38 Grafik <i>Vapor Mass Flow Rate</i>	88
Gambar 4.39 Grafik <i>Lifting Ratio</i>	90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rangkaian Alat Pompa Gelembung.....	99
Lampiran 2 Proses Pengisian Air dan Vakum Pompa Gelembung	99
Lampiran 3 Kalibrasi <i>Pressure Transducer</i>	100
Lampiran 4 Kalibrasi Flowmeter	100
Lampiran 5 Pengujian 55°C SR 0,7	101
Lampiran 6 Pengujian 55°C SR 0,62	101
Lampiran 7 Pengujian 55°C SR 0,54	102
Lampiran 8 Pengujian 60°C SR 0,7	102
Lampiran 9 Pengujian 60°C SR 0,62	103
Lampiran 10 Pengujian 60°C SR 0,54	103
Lampiran 11 Pengujian 65°C SR 0,7	104
Lampiran 12 Pengujian 65°C SR 0,62	104
Lampiran 13 Pengujian 65°C SR 0,54	105
Lampiran 14 Perhitungan Laju Aliran Massa Cairan Reservoir ke Generator..	105
Lampiran 15 Perhitungan Laju Aliran Massa Cairan Separator ke Reservoir ..	106
Lampiran 16 Perhitungan Laju Aliran Massa Gas	106
Lampiran 17 Perhitungan <i>Lifting Ratio</i>	106



Intelligentia - Dignitas