

SKRIPSI

**PENGUJIAN PENGARUH VARIASI DAYA DAN
SUBMERGENCE RATIO TERHADAP LAJU ALIRAN PADA
POMPA GELEMBUNG UNTUK SISTEM PENDINGIN
ABSORPSI DENGAN REFRIGERAN H₂O**



Disusun Oleh:

Naufal Atha Su'ad

NIM : 1520621037

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN (1)

Judul : Pengujian Pengaruh Variasi Daya Dan *Submergence Ratio* Terhadap Laju Aliran Pada Pompa Gelembung Untuk Sistem Pendingin Absorpsi Dengan Refrigeran H₂O

Penyusun : Naufal Atha Su'ad

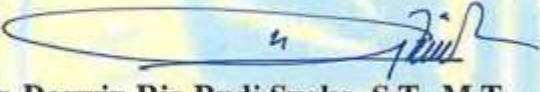
NIM : 1520621037

Tanggal Ujian : 31 Oktober 2025

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


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


Nugroho Gama Yoga, M.T.
NIP. 197602052006041001

Mengetahui,
Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin


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

LEMBAR PENGESAHAN (2)

Judul : Pengujian Pengaruh Variasi Daya Dan *Submergence Ratio*
Terhadap Laju Aliran Pada Pompa Gelembung Untuk
Sistem Pendingin Absorpsi Dengan Refrigeran H₂O

Penyusun : Naufal Atha Su'ad

NIM : 1520621037

Tanggal Ujian : 31 Oktober 2025

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


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


Nugroho Gama Yoga, M.T.
NIP. 197602052006041001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi :

Ketua Penguji,

Sekretaris Penguji,

Dosen Ahli,


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


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


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

Mengetahui,

Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin


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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Naufal Atha Su'ad
No. Registrasi : 1520621037
Tempat, tanggal lahir : 25 Januari 2003
Alamat : Jl. Timbul 3 C No. 36E Rt 007/04, Kelurahan
Cipedak, Kecamatan Jagakarsa, Jakarta
Selatan, DKI 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, 5 November 2025

Yang membuat pernyataan,



Naufal Atha Su'ad

No. Registrasi 1520621037



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

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 : Naufal Atha Su'ad
NIM : 1520621037
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/Teknik Mesin
Alamat email : nafalatha25@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (...)

yang berjudul :

“Pengujian Pengaruh Variasi Daya Dan *Submergence Ratio* Terhadap Laju Aliran Pada Pompa Gelembung Untuk Sistem Pendingin Absorpsi Dengan Refrigeran H₂O”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan 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, 17 November 2025

Penulis

Naufal Atha Su'ad

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha ESA karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proposal skripsi dengan judul “Pengujian Pengaruh Variasi Daya Dan *Submergence Ratio* Terhadap Laju Aliran Pada Pompa Gelembung Untuk Sistem Pendingin Absorpsi Dengan Refrigeran H₂O” dengan baik dan tepat pada waktunya. Proposal skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam menyusun dan menyelesaikan proposal skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan arahan, bimbingan, solusi dan dukungan penuh kepada penulis selama proses pengerjaan skripsi ini.
2. Nugroho Gama Yoga, M.T selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan banyak arahan dan masukan kepada penulis untuk meningkatkan kualitas skripsi ini.
3. Dr. Ir. Ragil Sukarno, M.T., IPM., selaku Koordinator Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta atas perhatian dan fasilitas yang diberikan selama penyusunan skripsi ini berlangsung.
4. Kedua Orang Tua Penulis yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi serta dukungan agar Penulis dapat menyusun laporan proposal skripsi dengan baik.
5. Seluruh dosen dan staff yang terlibat dalam proses pembuatan skripsi ini yang telah memberikan masukan, menyediakan fasilitas, dan meminjamkan fasilitas untuk keperluan skripsi ini.
6. Seluruh teman-teman S1 Teknik Mesin yang telah menemani penulis dan saling bertukar ide dalam proses mengerjakan skripsi ini.

Penulis berharap semoga proposal skripsi ini dapat memberikan wawasan baru yang bermanfaat bagi penulis dan para pembaca serta teman-teman mahasiswa pada khususnya. Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam menyelesaikan proposal skripsi ini. Oleh karena itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun 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, 6 Oktober 2025

Penulis,



Naufal Atha Su'ad



Intelligentia - Dignitas

**Pengujian Pengaruh Variasi Daya Dan *Submergence Ratio*
Terhadap Laju Aliran Pada Pompa Gelembung
Untuk Sistem Pendingin Absorpsi Dengan
Refrigeran H₂O**

Naufal Atha Su'ad

**Dosen Pembimbing: Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. & Nugroho Gama
Yoga, M.T.**

ABSTRAK

Sistem pendingin udara pada mobil sangat penting untuk kenyamanan termal pengemudi, namun penggunaannya memiliki tantangan tersendiri terutama ketika mesin mati karena energi akan disuplai dari baterai/aki yang menyebabkan penurunan kapasitas baterai sebesar 25-30% setelah 30 menit penggunaan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pendingin alternatif yang rendah emisi dan dapat memanfaatkan energi pasif seperti panas limbah atau energi matahari. Sistem pendingin absorpsi tekanan tunggal dengan pompa gelembung (*bubble pump*) menggunakan refrigeran H₂O merupakan solusi yang menjanjikan karena tidak memerlukan kerja mekanis pompa konvensional. Penelitian ini menganalisis kinerja pompa gelembung berdasarkan variasi daya input (80, 120, 160 Watt) dan *submergence ratio*/SR (0,54; 0,62; 0,70) terhadap *liquid mass flow rate* dan *gas mass flow rate*. Hasil menunjukkan peningkatan daya dari 80 W ke 160 W meningkatkan *liquid* dan *gas mass flow rate* dengan pola tidak linear. Peningkatan SR dari 0,62 ke 0,70 meningkatkan *liquid* dan *gas mass flow rate* pada semua variasi daya, sedangkan SR 0,54 mendominasi *liquid* dan *gas mass flow rate* pada daya tertentu saja. Variasi 160 Watt SR 0,54 memberikan performa terbaik dengan *lifting ratio* tertinggi (113) dan *liquid mass flow rate* maksimum (6,6 g/s) dan *gas mass flow rate* sebesar 0,059 g/s, karena kombinasi laju perpindahan kalor tinggi dan pola aliran yang kontinyu. Peningkatan daya mengubah pola aliran dari intermiten menjadi kontinyu melalui transisi pola aliran *bubbly-slug-churn*.

Kata Kunci : pompa gelembung, sistem pendingin absorpsi, Refrigeran H₂O, *submergence ratio*, laju aliran massa, daya input, Pola Aliran

Experimental Investigation of Power and Submergence Ratio Effects on Bubble Pump Flow Rate for H₂O Absorption Refrigeration Systems

Naufal Atha Su'ad

**Advisory Lecturer: Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. & Nugroho Gama
Yoga, M.T.**

ABSTRACT

Air conditioning systems in vehicles are crucial for driver thermal comfort, yet their operation presents specific challenges, particularly when the engine is off because energy is supplied from the battery, causing a capacity reduction of 25-30% after 30 minutes of use. Therefore, an alternative cooling system that is low-emission and can utilize passive energy such as waste heat or solar energy is required. A single-pressure absorption cooling system with a bubble pump using H₂O refrigerant represents a promising solution because it does not require the mechanical work of conventional pumps. This research analyzes the performance of the bubble pump based on variations of input power (80, 120, 160 Watt) and submergence ratio/SR (0.54; 0.62; 0.70) against liquid mass flow rate and gas mass flow rate. The results show that increasing power from 80 W to 160 W increases both liquid and gas mass flow rates with a non-linear pattern. An increase in SR from 0.62 to 0.70 increases liquid and gas mass flow rates at all power variations, while SR 0.54 dominates liquid and gas mass flow rates only at certain power levels. The 160 Watt SR 0.54 variation provides the best performance with the highest lifting ratio (113) and maximum liquid mass flow rate (6.6 g/s) and gas mass flow rate of 0.059 g/s, due to the combination of high heat transfer rate and continuous flow pattern. An increase in power changes the flow pattern from intermittent to continuous through bubbly-slug-churn flow pattern transition..

Keywords : bubble pump, absorption cooling system, lifting ratio, submergence ratio, mass flow rate, input power, flow pattern

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	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
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 Sistem Pendingin Absorpsi	6
2.1.1 Siklus Refrigerasi Absorpsi Tekanan Ganda.....	6
2.1.2 Siklus Refrigerasi Absorpsi Tekanan Tunggal.....	8
2.1.3 Siklus Platen-Munters.....	9
2.1.4 Siklus Einstein	10
2.2 Komponen Sistem Pendingin Absorpsi Berpenggerak Pompa Gelembung	11
2.2.1 Generator.....	12
2.2.2 Absorber.....	12
2.2.3 Kondensor.....	12
2.2.4 Evaporator.....	13
2.2.5 Pompa Gelembung (<i>Bubble Pump</i>).....	13
2.3 Komponen Pompa Gelembung	14
2.3.1 Tabung Angkat / <i>Lift Tube</i>	15
2.3.2 Sumber Panas.....	15
2.3.3 Separator	15
2.4 Fluida Kerja Siklus Refrigerasi Absorpsi	15

2.4.1 Larutan $\text{H}_2\text{O}-\text{NH}_3$	16
2.4.2 Larutan $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$	16
2.5 Pengaruh Daya dan SR Terhadap Performa Pompa Gelembung.....	17
2.5.1 Pengaruh Daya Terhadap Laju Aliran.....	17
2.5.2 Pengaruh <i>Submergence ratio</i> terhadap Laju Aliran	19
2.5 Pola Aliran Dua Fasa	21
2.6 Menghitung Laju Aliran Massa Pompa Gelembung.....	23
2.6.1 Keseimbangan massa Generator dan Absorben.....	23
2.6.2 Analisa Kinerja Pompa Gelembung.....	24
2.7 Penelitian Terkait	25
2.8 Kerangka Berpikir.....	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.1.1 Tempat Pelaksanaan Penelitian.....	30
3.1.2 Waktu Pelaksanaan Penelitian	30
3.2 Alat dan Bahan.....	30
3.2.1 Bahan	30
3.2.2 Alat.....	31
3.3 Diagram Alir Penelitian	32
3.4 Skema Penelitian.....	33
3.4 Rancangan Alat Uji.....	35
3.5 Matriks Penelitian	36
BAB IV PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil Pengujian	37
4.2 Analisa Pengaruh Tekanan dan Temperatur Terhadap Laju Aliran.....	38
4.2.1 Variasi 80 Watt SR 0,54	38
4.2.2 Variasi 80 Watt SR 0,62	42
4.2.3 Variasi 80 Watt SR 0,70	46
4.2.4 Variasi 120 Watt SR 0,54	49
4.2.5 Variasi 120 Watt SR 0,62	53
4.2.6 Variasi 120 Watt SR 0,70	57
4.2.7 Variasi 160 Watt SR 0,54.....	60
4.2.8 Variasi 160 Watt SR 0,62	64
4.2.9 Variasi 160 Watt SR 0,70.....	69
4.3 Perhitungan <i>Mass Flow Rate</i>	73
4.3.1 Pengaruh Variasi Daya dan SR Terhadap <i>Liquid Mass Flow Rate</i>	74

4.3.2 Pengaruh Variasi Daya dan SR Terhadap <i>Gas Mass Flow Rate</i>	77
4.3.3 Pengaruh Variasi Daya dan SR Terhadap <i>Lifting ratio</i>	79
4.4 Perbandingan Temperatur dan Tekanan Tiap Variasi.....	81
4.4.1 Variasi Daya 160 Watt.....	81
4.4.2 Variasi Daya 120 Watt.....	82
4.4.3 Variasi Daya 160 Watt.....	83
BAB V KESIMPULAN.....	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA.....	86
LAMPIRAN.....	90



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian terkait pompa gelembung untuk sistem pendingin absorpsi H ₂ O-LiBr	25
Tabel 3.1 Matriks Penelitian	36
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan <i>Mass Flow Rate</i>	73



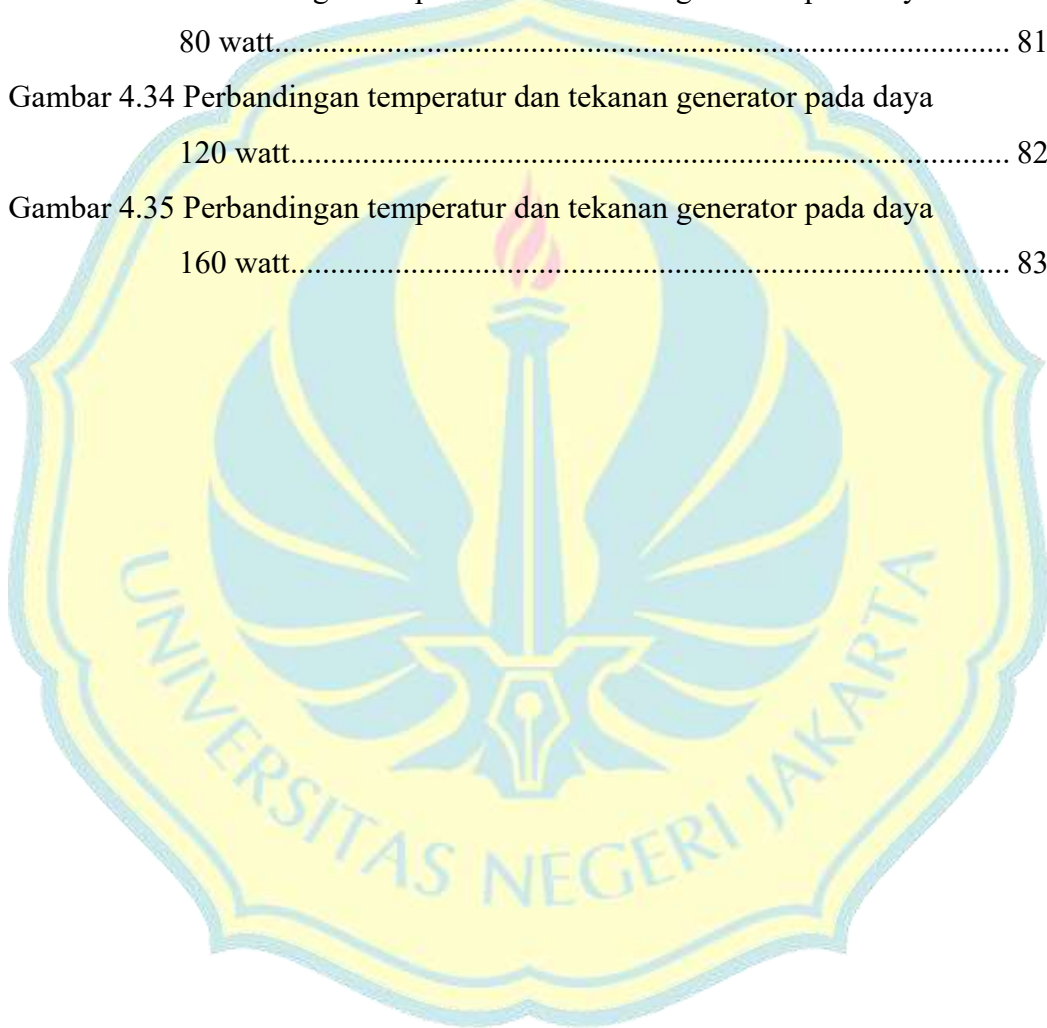
Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Pendingin Absorpsi	7
Gambar 2.2 Siklus Refrigerasi Difusi-Absorpsi	9
Gambar 2.3 Siklus Refrigerasi Einstein	10
Gambar 2.4 <i>Bubble Pump Driven Vapor Absorption Refrigeration</i>	11
Gambar 2.5 Kondensor	13
Gambar 2.6 Evaporator	13
Gambar 2.7 Skema Pompa Gelembung Pada Siklus Einstein	14
Gambar 2.12 Laju Aliran Dua Fase Pada Tabung Vertical.....	21
Gambar 2.13 Fotografi Aktual Aliran Dua Fase	22
Gambar 2.14 Bubble Pump generator Control Volume	24
Gambar 2.15 Kerangka Berpikir	29
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	32
Gambar 3.2 Skema Penelitian	33
Gambar 3.3 Alat Uji	35
Gambar 3.4 Generator dan <i>Heater</i>	35
Gambar 4.1 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 80 W dan SR 0,54.....	38
Gambar 4.2 Pola Aliran pada variasi 80 Watt dan SR 0,54	40
Gambar 4.3 Perubahan tekanan dan temperatur terhadap waktu pada variasi 80 W dan SR 0,54	40
Gambar 4.4 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 80 W dan SR 0,62.....	43
Gambar 4.5 Taylor bubble.....	44
Gambar 4.6 Pola aliran pada variasi 80 W dan SR 0,62	44
Gambar 4.7 Perubahan tekanan dan temperatur terhadap waktu pada variasi 80 W dan SR 0,62	45
Gambar 4.8 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 80 Watt dan SR 0,70.....	46
Gambar 4.9 Pola aliran pada variasi 80 Watt dan SR 0,70	47
Gambar 4.10 Grafik Tekanan dan Temperatur Variasi 80 Watt SR 0,70.....	48

Gambar 4.11 Perubahan laju aliran terhadapp waktu pada variasi 120 W dan SR 0,54.....	50
Gambar 4.12 Pola aliran pada variasi 120 W dan SR 0,54	51
Gambar 4.13 Perubahan tekanan dan temperatur terhadap waktu pada variasi 120 W dan SR 0,54	52
Gambar 4.14 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 120 W dan SR 0,62.....	54
Gambar 4.15 Pola pada variasi 120 W dan SR 0,62	55
Gambar 4.16 Perubahan tekanan dan temperatur terhadap waktu pada variasi 120 W dan SR 0,62	56
Gambar 4.17 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 120 W dan SR 0,70.....	57
Gambar 4.18 Pola aliran pada variasi 120 W dan SR 0,70	59
Gambar 4.19 Perubahan tekanan dan temperatur terhadap waktu pada variasi 120 W dan SR 0,70	59
Gambar 4.20 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 160 w dan SR 0,54.....	61
Gambar 4.21 Pola aliran pada variasi 160 W dan SR 0,54	62
Gambar 4.22 Perubahan tekanan dan temperatur terhadap waktu pada variasi 160 W dan SR 0,54	63
Gambar 4.23 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 160 W dan SR 0,62.....	65
Gambar 4.24 Prubahan tekanan dan temperatur terhada waktu pada variasi 160 W dan SR 0,62	66
Gambar 4.25 Pola aliran saat intermeten pada variasi 160 W dan SR 0,62.....	68
Gambar 4.26 Pola aliran saat kontinyu pada variasi 160 W dan SR 0,62.....	69
Gambar 4.27 Perubahan laju aliran terhadap waktu pada variasi 160 W dan SR 0,70.....	70
Gambar 4.28 Perubahan tekanan dan temperatur terhadap waktu pada variasi 160 W dan SR 0,70	71
Gambar 4.29 Pola aliran pada variasi 160 W dan SR 0,70	72

Gambar 4.30 Perbandingan laju aliran massa cairan terhadap daya berdasarkan variasi SR.....	74
Gambar 4.31 Perbandingan laju aliran massa gas terhadap daya tiap variasi SR.....	77
Gambar 4.32 Perubahan <i>lifting ratio</i> terhadap daya tiap variasi SR.....	79
Gambar 4.33 Perbandingan temperatur dan tekanan generator pada daya 80 watt.....	81
Gambar 4.34 Perbandingan temperatur dan tekanan generator pada daya 120 watt.....	82
Gambar 4.35 Perbandingan temperatur dan tekanan generator pada daya 160 watt.....	83



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Perhitungan Laju Aliran Massa Cairan Reservoir ke Generator...	90
Lampiran 2	Perhitungan Laju Aliran Massa Cairan Separator ke Reservoir ...	90
Lampiran 3	Perhitungan Laju Aliran Massa Gas	91
Lampiran 4	Perhitungan <i>Lifting Ratio</i>	91
Lampiran 5	Proses Kalibrasi Sensor Pressure Transducer.....	91
Lampiran 6	Proses Kalibrasi Sensor Flow Meter.....	92
Lampiran 7	Proses Vakum Sistem.....	92
Lampiran 8	Proses Pengambilan Data	93



Intelligentia - Dignitas