



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN R-32/R-290 SEBAGAI
PENGANTI R-410A DENGAN OPTIMASI VARIASI CAMPURAN
MENGUNAKAN METODE TOPSIS**

PROYEK AKHIR

RIO RIZKI GHIFARI

40040221650089

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

DESEMBER 2025



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN R-32/R-290 SEBAGAI
PENGANTI R-410A DENGAN OPTIMASI VARIASI
CAMPURAN MENGGUNAKAN METODE TOPSIS**

PROPOSAL PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

RIO RIZKI GHIFARI

40040221650089

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

DESEMBER 2025

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

NAMA : Rio Rizki Ghifari

NIM : 40040221650089

Tanda Tangan :

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rio Rizki Ghifari', written in a cursive style.

Tanggal : 19 Desember 2025

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Prof. Sudarto, S.H Tembalang
Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail Vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No : 489/PA/RPM/VI/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut :

Nama : Rio Rizki Ghifari
NIM : 40040221650089
Judul Proyek Akhir : Studi Eksperimental Campuran R32/R290 Sebagai
Pengganti R410A
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Dipl.-Ing. Ir. Berkah Fajar TK
NIP : 195907221987031003

Isi Tugas :

1. Merancang dan merakit sistem eksperimental untuk pengujian performa campuran refrigeran R-32/R-290 sebagai pengganti R-410A.
2. Melakukan pengujian dan pengambilan data eksperimen pada sistem refrigerasi dengan campuran R-32/R-290 menggunakan rasio 68/32%.
3. Menyusun laporan tugas akhir Studi Eksperimental Campuran R-32/R-290 sebagai Pengganti R-410A.
4. Membuat luaran berupa laporan akhir dan/atau data hasil eksperimen dan/atau publikasi jurnal internasional.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 21 Juli 2025
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik

Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Rio Rizki Ghifari

NIM : 40040221650089

Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik

Judul Proyek Akhir : Studi Eksperimental Campuran R-32/R-290 Sebagai Pengganti
R-410a Dengan Optimasi Variasi Campuran Menggunakan
Metode TOPSIS

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Dipl.-ing. Ir. Berkah Fajar TK ()

Penguji 1 : Prof. Dr. Dipl.-ing. Ir. Berkah Fajar TK ()

Penguji 2 : Didik Ariwibowo, S.T., M.T. ()

Penguji 3 : Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. ()

Semarang, 19 Desember 2025
Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, ST, MT
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rio Rizki Ghifari
NIM : 40040221650089
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demikian pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN R-32/R-290 SEBAGAI PENGANTI R-410A DENGAN OPTIMASI VARIASI CAMPURAN MENGGUNAKAN METODE TOPSIS”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 19 Desember 2025

Yang menyatakan



Rio Rizki Ghifari



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI
S.Tr REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Prof. Sudarto, S.H.
Tembalang, Semarang Kode Pos 50275
Tel./Faks. (024) 7471379
www.vokasi.undip.ac.id
email: vokasi@live.undip.ac.id

SURAT PERSETUJUAN

Telah disetujui untuk diajukan dalam Sidang Proyek Akhir mahasiswa Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro yang disusun oleh :

Nama : Rio Rizki Ghifari
NIM : 40040221650089
Judul PA : Studi Eksperimental Campuran R-32/R-290 Sebagai
Pengganti R-410A Dengan Optimasi Variasi Campuran
Menggunakan Metode TOPSIS

Disetujui pada tanggal : 24 Desember 2025

Semarang, 24 Desember 2025
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Dipl.-ing. Ir. Berkah
Fajar TK
NIP. 195907221987031003

MOTTO

“Karena sesungguhnya, bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya,
bersama kesulitan ada kemudahan.”

(QS. Ash-Sharh: 5-6)

“Allah Ta’ala berfirman: ‘Aku sesuai dengan prasangka hamba-Ku kepada-Ku.

Dan Aku bersamanya ketika ia mengingat-Ku...’”

(Hadis Qudsi Riwayat Bukhari & Muslim)

“Mama know I suffer from addiction, Just like my father, she hopin' I was
different, But I ain't trippin', I know my sins ain't forgiven”

(Jarrad Higgins – Juice Wrld 999)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat, karunia, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal Proyek Akhir dengan judul "Studi Eksperimental Campuran R-32/R-290 Sebagai Pengganti R-410A dengan Optimasi Variasi Campuran menggunakan Metode TOPSIS"

Proyek Akhir ini menjadi salah satu syarat kelulusan pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Selama penyusunan proposal Proyek Akhir, penulis mendapatkan banyak bantuan yang menunjang kelancaran dalam menyusun proposal proyek akhir. Ucapan Terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Prof. Dr. Dipl.-Ing. Ir. Berkah Fajar TK selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
4. Didik Ariwibowo, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir.
5. Bapak Ibu Dosen Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik yang sudah memberikan bimbingan dan ilmu yang tidak ternilai harganya.
6. Ayah, Adik - adik dan Nenek saya yang sudah memberikan support selama kuliah di Universitas Diponegoro.

7. Teman dan sekaligus keluarga penulis yaitu Ilonna, Fauzan, Ihsan, Farrel, Sopyan, Luthfi, Yoga, Ghafi, Afın dan Hildan.
8. Semua teman-teman prodi Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2021.
9. Seluruh pihak yang membantu dalam penulisan Penelitian Akhir ini tetapi tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga proposal ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang, 19 September 2025



Rio Rizki Ghifari

NIM. 40040221650089

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMENTAL CAMPURAN R-32/R-290 SEBAGAI PENGGANTI R-410A DENGAN OPTIMASI VARIASI CAMPURAN MENGGUNAKAN METODE TOPSIS

Permasalahan utama dalam refrigerasi adalah pencemaran lingkungan oleh refrigeran sintetis HFC (seperti R-410A) yang memiliki Global Warming Potential (GWP) tinggi. Sebagai alternatif, penelitian ini mengeksplorasi refrigeran hidrokarbon (HC) yang lebih ramah lingkungan. Studi ini berfokus pada retrofitting sistem AC split R-410A dengan campuran R-32 (HFC) dan R-290/R-1270 (HC) melalui metode *drop-in substitute*, tanpa mengubah komponen sistem. Komposisi campuran R-32/R-290 menggunakan 68%/32% mendekati karakteristik R-410A. Eksperimen dilakukan dengan empat variasi massa pengisian campuran (54%, 57%, 60%, dan 63% dari massa R-410A standar). Kinerja sistem dianalisis berdasarkan kapasitas pendinginan, konsumsi daya, dan *Coefficient of Performance* (COP) menggunakan software REFPROP dan metode *TOPSIS* untuk optimasi variasi *refrigerant* campuran. Hasilnya menunjukkan bahwa semua variasi campuran menyebabkan penurunan kapasitas pendinginan (23,45%-37,28%) dan COP (26,67%-38,09%), serta peningkatan tekanan discharge kompresor (16,10%-19,55%). Melalui analisis *TOPSIS*, variasi pengisian 63% dinilai paling mendekati kinerja R-410A dengan nilai preferensi 0.6276. Namun, seluruh campuran kurang efisien karena adanya *temperature glide* pada evaporator dan kondensor yang menyebabkan ketidakstabilan *temperature*, mengindikasikan campuran tidak bersifat azeotropik sempurna seperti R-410A. Kesimpulannya, meskipun campuran R-32/R-290 dapat menjadi alternatif pengganti, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai persentase pencampuran yang optimal dan modifikasi katup ekspansi untuk meningkatkan efisiensinya. Berdasarkan metode *TOPSIS* pada refrigeran campuran R-32/R-290 pada variasi 63% karena nilai preferensi yang paling mendekati R-410A, meskipun secara keseluruhan campuran ini masih kurang efisien, yang ditunjukkan oleh penurunan nilai COP.

Kata kunci : *Refrigerant*, Retrofit, HFC, HC, Campuran R-32/R-290, R410A.

ABSTRACT

AN EXPERIMENTAL STUDY OF R-32/R-290 MIXTURE AS A SUBSTITUTE FOR R-410A WITH OPTIMIZATION OF MIXTURE VARIATIONS USING THE TOPSIS METHOD.

The main problem in refrigeration is environmental pollution by synthetic HFC refrigerants (such as R-410A) which have a high Global Warming Potential (GWP). As an alternative, this research explores more environmentally friendly hydrocarbon (HC) refrigerants. This study focuses on retrofitting an R-410A split AC system with a mixture of R-32 (HFC) and R-290/R-1270 (HC) through a drop-in substitute method, without changing the system components. The mixture composition of R-32/R-290 uses 68%/32%, which approaches the characteristics of R-410A. Experiments were conducted with four variations of mixture charge mass (54%, 57%, 60%, and 63% of the standard R-410A mass). System performance was analyzed based on cooling capacity, power consumption, and Coefficient of Performance (COP) using REFPROP software and the TOPSIS method for optimizing refrigerant mixture variations. The results show that all mixture variations caused a decrease in cooling capacity (23.45%-37.28%) and COP (26.67%-38.09%), as well as an increase in compressor discharge pressure (16.10%-19.55%). Through TOPSIS analysis, the 63% charging variation was assessed as the closest to R-410A performance with a preference value of 0.6276. However, all mixtures were less efficient due to the temperature glide in the evaporator and condenser which caused temperature instability, indicating that the mixture is not perfectly azeotropic like R-410A. In conclusion, although the R-32/R-290 mixture can be a substitute alternative, further research is needed regarding the optimal mixing percentage and expansion valve modifications to improve its efficiency. Based on the TOPSIS analysis, the 63% charging variation is the best composition as it most closely approximates the characteristics of R-410A, even though overall this mixture is still less efficient, as indicated by the decrease in COP value.

Keywords : Refrigerant, Retrofit, HFC, HC, R-32/R-290 Mixture, R410A.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
SURAT TUGAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan	7
1.5 Luaran	7
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Refrigeran	10
2.1.1 Harga Refrigeran	11
2.2 Air Conditioner (AC).....	11
2.3 Siklus Refrigirasi	12
2.4 Komponen Pada Siklus Refrigirasi	15
2.4.1 Kompresor	15
2.4.2 Kondensor.....	16
2.4.3 Katup Ekspansi	17

2.4.4 Evaporator	18
2.5 Jenis - Jenis Refrigeran.....	19
2.5.1 Chlorofluorocarbon (CFC)	19
2.5.1 Hydrochlorofluorocarbon (HCFC).....	19
2.5.2 Hydrofluorocarbon (HFC).....	20
2.5.3 Hydrocarbon (HC).....	20
2.6 Refrigeran Zat Tunggal	22
2.6.1 R-32 (Difluorometana)	22
2.6.2 R-290 (Propane)	23
2.7 Refrigeran Zat Campuran <i>Azeotropic</i>	23
2.7.2 R-410A (Difluorometana & Pentafluoroetana)	24
2.8 Karakteristik Mendekati R-410A.....	25
2.8.2 Perbandingan Sifat Dasar.....	25
2.8.3 Grafik T-X Campuran Refrigeran	27
2.8.4 Campuran R-32/R-290 dengan komposisi 68/32%.....	28
2.8.5 Perhitungan Muatan <i>Hydrocarbon</i>	29
2.8.6 Penggunaan Jenis Oli.....	30
2.8.7 Tingkat Keamanan	31
2.9 Perhitungan Sistem Refrigasi.....	32
2.9.2 Efek Refrigasi	33
2.9.3 Kerja Kompresor	34
2.9.4 Laju Aliran Massa	35
2.9.5 Kapasitas Refrigasi.....	35
2.9.6 Temperature Subcooling & Superheating	36
2.9.7 COP (Coefficient of Performance)	38
2.9.8 Metode Multi-Criteria Decision Making (MCDM).....	38
BAB III METODOLOGI.....	40
3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Proyek Akhir	40
3.2 Tahapan Proyek Akhir	42
3.2.1 Studi Literatur.....	42
3.3 Instalasi AC Split.....	43
3.4 Kalibrasi Alat Ukur	44

3.5 Alat Ukur Pengujian	45
3.5.1 Thermocouple	45
3.5.2 Termometer udara masuk dan keluar	45
3.5.3 Thermometer Thermogun Infrared Digital.....	46
3.5.4 Pressure gauge	47
3.5.5 Timbangan Digital	47
3.5.6 Tang Ampere	48
3.5.7 Manifold Gauge	48
3.5.8 Pompa Vakum	49
3.5.9 Watt Meter	49
3.6 Refrigeran	50
3.7 Prosedur Retrofit.....	51
3.7.1 Pemeriksaan Sebelum Pengujian	52
3.7.2 Pengosongan Refrigeran	52
3.7.3 Pemasukan Refigeran.....	57
3.7.4 Batas Keamanan Refrigeran.....	59
3.7.5 Pengujian Mesin Pendingin	60
3.7.6 Setting Udara Masuk Kondensor dan Evaporator	60
3.7.7 Langkah Pengujian	61
3.8 Data Hasil Pengujian	64
3.8.1 Pengolahan Data Dengan Aplikasi <i>REFPROP</i>	64
3.8.2 Metode Analisis TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	69
3.9 Kesimpulan.....	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	74
4.1 Hasil Pengujian Eksperimen.....	74
4.1.1 Data Hasil Pengujian	74
4.2 Kondisi Kerja Sistem R-410A dan Sistem Campuran R-32/R-290	75
4.3. Perhitungan Sistem Kerja Refrigeran dan Analisis Performa	77
4.4 Perhitungan Sistem Kerja R-410A	77
4.4.1 Kerja Kompresor dan Laju Aliran Massa.....	78
4.4.2 Efek Refrigrasi dan Kapasitas Refrigrasi	79

4.4.3 Coefficient of Performance (COP)	80
4.4.4 Temperature Kompresor	80
4.4.5 Superheating Temperature	80
4.4.6 Subcooling Temperature	81
4.5 Perhitungan Sistem Kerja R32/R290 (54% 183,6g)	82
4.5.1 Kerja Kompresor dan Laju Aliran Massa	83
4.5.2 Efek Refrigrasi dan Kapasitas Refrigrasi	84
4.5.3 Koefisien Kinerja (COP)	85
4.5.4 Temperature Kompresor	85
4.5.5 Superheating Temperature	85
4.5.6 Subcooling Temperature	86
4.6 Perhitungan Sistem Kerja R32/R290 (57% 193,8g)	88
4.6.1 Kerja Kompresi dan Laju Aliran Massa	88
4.6.2 Efek Refrigrasi dan Kapasitas Refrigrasi	89
4.6.3 <i>Coefficient of Performance</i> (COP)	90
4.6.4 <i>Temperature</i> Kompresor	90
4.6.5 <i>Superheating Temperature</i>	90
4.6.6 Subcooling Temperature	92
4.7 Perhitungan Sistem Kerja R32/R290 (60% 204g)	93
4.7.1 Kerja Kompresor dan Laju Aliran Massa	94
4.7.2 Efek Refrigrasi dan Kapasitas Refrigrasi	94
4.7.3 Coefficient of Performance (COP)	95
4.7.4 <i>Temperature</i> Kompresor	95
4.7.5 <i>Superheating Temperature</i>	96
4.7.6 Subcooling Temperature	97
4.8 Perhitungan Sistem Kerja R32/R290 (63% 214,2g)	98
4.8.1 Kerja Kompresor dan Laju Aliran Massa	99
4.8.2 Efek Refrigrasi dan Kapasitas Refrigrasi	100
4.8.3 Coefficient of Performance (COP)	101
4.8.4 <i>Temperature</i> Kompresor	101
4.8.5 Superheating Temperature	101
4.8.6 Subcooling Temperature	102

4.9 Perbandingan Kinerja R-410A dengan 4 variasi campuran R-32/R-290.....	104
4.9.1 Efek Refrigerasi dan Kapasitas Refrigerasi	104
4.9.2 Kapasitas Refrigerasi.....	107
4.9.3 Kerja Kompresor dan Daya Kompresor	110
4.9.4 Temperature Kompresor.....	113
4.9.5 Superheating Temperature.....	115
4.9.6 Subcooling Temperature	117
4.9.7 Coefficient of Perfomance.....	118
4.9.8 Perbandingan Temperatur <i>Outlet Evaporator</i>	120
4.10 Analisis Performa Refrigeran Menggunakan Metode <i>TOPSIS</i> (<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>).....	122
4.10.1 Data dan Kriteria Evaluasi.....	123
4.10.2 Bobot Kriteria Evaluasi	123
4.10.3 Tahap 1: Normalisasi Matriks Keputusan	124
4.10.4 Tahap 2: Pembobotan Matriks Ternormalisasi.....	125
4.10.5 Tahap 3: Penentuan Solusi Ideal	126
4.10. 6 Tahap 4: Perhitungan Jarak Euclidean	126
4.10.7 Tahap 5: Perhitungan Nilai Preferensi	129
4.10.8 Interpretasi Hasil	130
BAB V KESIMPULAN	131
5.1 Kesimpulan.....	131
5.2 Saran	132
DAFTAR PUSTAKA	134
LAMPIRAN	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Refrigeran	10
Gambar 2. 2 Air Conditioner	12
Gambar 2. 3 Siklus refrigerasi standar	13
Gambar 2. 4 Siklus refrigerasi pada mesin refrigerasi	14
Gambar 2. 5 Siklus refrigerasi pada diagram P-h	15
Gambar 2. 6 Kompresor	15
Gambar 2. 7 Kondensor	16
Gambar 2. 8 Pipa Kapiler	18
Gambar 2. 9 Katup Ekspansi Termostatik	18
Gambar 2. 10 Evaporator pada Air Conditioner	19
Gambar 2. 11 Diagram T-X Campuran Azeotropic	23
Gambar 2. 12 Diagram T-X R-410A	27
Gambar 2. 13 Diagram T-X R-32/R-290	28
Gambar 2. 14 Skema sistem AC	36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3. 2 AC (Air Conditioner) R-410A	43
Gambar 3. 3 Thermocouple Thermometers	45
Gambar 3. 4 Thermometer dry bulb dan wet bulb	46
Gambar 3. 5 Thermometer Thermogun Infrared Digital	46
Gambar 3. 6 Pressure Gauge	47
Gambar 3. 7 Timbangan Digital	48
Gambar 3. 8 Tang Ampere	48
Gambar 3. 9 Manifold Gauge	49
Gambar 3. 10 Pompa Vakum	49
Gambar 3. 11 Watt meter	50
Gambar 3. 12 R-410A	50
Gambar 3. 13 R-32	50
Gambar 3. 14 R-290	51
Gambar 3. 15 Tekanan pada Pemvakuman	53
Gambar 3. 16 Bagian - bagian Manifold	53
Gambar 3. 17 Pemvakuman pada sistem kerja AC	55
Gambar 3. 18 Pemvakuman Refrigeran	56
Gambar 3. 19 Pengisian Refrigeran	58
Gambar 3. 20 Pengisian Refrigeran pada Sistem AC	58
Gambar 3. 21 Heater 2000 Watt	60
Gambar 3. 22 Diagram Skematik Alat Pengujian Refrigeran	61
Gambar 3. 23 Langkah Pertama Simulasi Aplikasi Refprop	66
Gambar 3. 24 Langkah Kedua Simulasi Aplikasi Refprop	66
Gambar 3. 25 Langkah Ketiga Simulasi Aplikasi Refprop	67
Gambar 3. 26 Langkah Keempat Simulasi Aplikasi Refprop	67
Gambar 3. 27 Langkah Kelima Simulasi Aplikasi Refprop	68
Gambar 3. 28 Langkah Keenam Simulasi Aplikasi Refprop	68
Gambar 3. 29 Langkah Ketujuh Simulasi Aplikasi Refprop	69
Gambar 3. 30 Langkah Kedelapan Simulasi Aplikasi Refprop	69
Gambar 4. 1 Diagram T-s R-410A dan Campuran R-32/R-290 (54-63%)	76
Gambar 4. 2 Diagram P-h R-410A dan Campuran R-32/R-290 (54-63%)	76

Gambar 4. 3 Nilai Enthalpy pengujian R410A pada aplikasi REFPROP	78
Gambar 4. 4 Tabel Saturasi pada tekanan 154,7 psia menggunakan Aplikasi REFPROP	81
Gambar 4. 5 Tabel Saturasi pada tekanan 424,7 psia menggunakan Aplikasi REFPROP	82
Gambar 4. 6 Nilai Enthalpy pengujian R32/R290 (54%) pada aplikasi REFPROP	83
Gambar 4. 7 Tabel Saturasi pada tekanan 179,7 PsiA Meunggunakan Aplikasi REFPROP	86
Gambar 4. 8 Tabel Saturasi pada tekanan 499,7 psia menggunakan Aplikasi REFPROP	87
Gambar 4. 9 Nilai Enthalpy pengujian R32/R290 (57%) pada aplikasi REFPROP	88
Gambar 4. 10 Tabel Saturasi pada tekanan 194,7 psia Meunggunakan Aplikasi REFPROP	91
Gambar 4. 11 Tabel Saturasi pada tekanan 504,7 psia menggunakan Aplikasi REFPROP	92
Gambar 4. 12 Nilai Enthalpy pengujian R32/R290 (60%) pada aplikasi REFPROP	93
Gambar 4. 13 Tabel Saturasi pada tekanan 499,7 psia Menggunakan Aplikasi REFPROP	98
Gambar 4. 14 Nilai Enthalpy pengujian R32/R290 (63%) pada aplikasi REFPROP	99
Gambar 4. 15 Tabel Saturasi pada tekanan 199,7 psia menggunakan Aplikasi REFPROP	102
Gambar 4. 16 Tabel Saturasi pada tekanan 514,7 psia Menggunakan Aplikasi REFPROP	103
Gambar 4. 17 Perbandingan grafik efek refrigerasi	104
Gambar 4. 18 Perbandingan grafik Kapasitas Refrigerasi	107
Gambar 4. 19 Perbandingan Laju Aliran Massa	109
Gambar 4. 20 Perbandingan Kerja Kompresor	110
Gambar 4. 21 Perbandingan Daya Kompresor	111
Gambar 4. 22 Perbandingan Temperature Kompresor	113
Gambar 4. 23 Perbandingan Superheating Temperature	115
Gambar 4. 24 Perbandingan Subcooling Temperature	117
Gambar 4. 25 Perbandingan COP	118
Gambar 4. 26 Perbandingan Temperatur Outlet Evaporator	120

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis Refrigeran	22
Tabel 2. 2 Jenis, Komposisi, dan Karakteristik Refrigeran	26
Tabel 2. 3 Faktor Konversi Refrigeran HC.....	29
Tabel 2. 4 Penggunaan Jenis Oli Refrigeran.....	30
Tabel 2. 5 Perbandingan flammability jenis refrigeran	31
Tabel 3. 1 Spesifikasi AC Split R-410A.....	43
Tabel 3. 2 R-410A, R-32/R-290	59
Tabel 3. 3 Keterangan Simbol Diagram Kerja AC	62
Tabel 3. 4 Data Pengujian R-410A dan R-32/R-290	64
Tabel 3. 5 Parameter pada optimasi massa pengisian	70
Tabel 3. 6 Contoh hasil data perhitungan nilai preferensi	73
Tabel 4. 1 Data hasil rata-rata pengujian sistem kerja AC.....	74
Tabel 4. 2 Data Eksperimental Lima Alternatif Refrigeran.....	123
Tabel 4. 3 Bobot Kriteria Evaluasi.....	123
Tabel 4. 4 Matriks Ternormalisasi (R).....	125
Tabel 4. 5 Matriks Terbobot (V).....	125
Tabel 4. 6 Solusi Ideal Positif (A^+) dan Negatif (A^-)	126
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Jarak Euclidean	129
Tabel 4. 8 Hasil Nilai Preferensi dan Peringkat.....	130

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul Halaman
$^{\circ}\text{C}$	Temperatur	26
M_{HC}	Massa Hidrokarbon yang dibutuhkan	28
M_{dp}	Papan data	28
C_f	Faktor koreksi	28
Q_{in}	Besar efek refrigrasi	33
h_1	Nilai <i>enthalpy</i> masuk kompresor	33
h_4	Nilai <i>enthalpy</i> keluar ekspansi	33
Q_w	<u>Besar kerja kompresor</u>	34
$\dot{m}$	Massa laju aliran	34
P_{input}	Besar daya kompresor	34
Q_{evap}	Besar kapasitas refrigrasi	35
ΔT_{SH}	<i>Temperature superheating</i>	36
T_{aktual}	Temperature aktual <i>suction line / liquid line</i>	36
$T_{saturasi}$	Temperature saturasi pada tekanan tertentu	36
ΔT_{SH}	<i>Temperature subcooling</i>	37
COP	Besar <i>Coefficient of Perfomance</i>	37
P_i	Nilai preferensi	38
V	Tegangan	43
Hz	Frekuensi	43
W	Masukan Daya	43
A	Arus	43
Mpa	Nilai tekanan	43
psig	Nilai tekanan	46

T1	<i>Temperature</i> refrigeran masuk kompresor	60
T2	<i>Temperature</i> refrigeran masuk kondensor	60
T3	<i>Temperature</i> refrigeran masuk katup ekspansi	60
T4	<i>Temperature</i> refrigeran masuk evaporator	60
P1	Tekanan refrigeran masuk kompresor	60
P2	Tekanan refrigeran keluar kompresor	60
P3	Tekanan refrigeran keluar kondensor	60
P4	Tekanan refrigeran keluar alat ekspansi	60
psia	Nilai tekanan	69

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel Data hasil pengukuran R-410A**
- Lampiran 2. Tabel Data hasil pengukuran R-32/R-290 54%**
- Lampiran 3. Tabel Data hasil pengukuran R-32/R-290 57%**
- Lampiran 4. Tabel Data hasil pengukuran R-32/R-290 60%**
- Lampiran 5. Tabel Data hasil pengukuran R-32/R-290 63%**
- Lampiran 6. Diagram p-h R-410A menggunakan *software REFPROP***
- Lampiran 7. Diagram p-h 4 variasi campuran R-32/R-290 menggunakan *software REFPROP***
- Lampiran 8. Dokumentasi proses pengujian R-410A, dan R-32/R-290**