

TUGAS AKHIR

**ANALISA PENGARUH VARIASI SUSUNAN PIPA
KONDENSOR, MASSA *REFRIGERANT*, DAN
KECEPATAN ALIRAN UDARA KONDENSOR
TERHADAP PERFORMA KULKAS R-600A**



Disusun Oleh :

LUCAS GEMPAR FEBRIA NATA REKSA

1422200143

WAHYU ASSRUL ALHAMSAH

1422200124

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2026

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH VARIASI SUSUNAN PIPA KONDENSOR, MASSA *REFRIGERANT*, DAN KECEPATAN ALIRAN UDARA KONDENSOR TERHADAP PERFORMA KULKAS R-600A



Disusun oleh:

LUCAS GEMPAR FEBRIA NATA REKSA

1422200143

WAHYU ASSRUL ALHAMSAH

1422200124

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2026**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : LUCAS GEMPAR FEBRIA NATA REKSA
NBI : 1422200143
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : ANALISA PENGARUH VARIASI SUSUNAN
PIPA KONDENSOR, MASSA *REFRIGERANT*,
DAN KECEPATAN ALIRAN UDARA
KONDENSOR TERHADAP PERFORMA
KULKAS R-600A.

Mengetahui/Menyetujui
Dosen Pembimbing



Ir. Supardi, M.Sc.
NPP: 20420.86.0083

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Dr. Ir. Ar. R. A. Retno Hastijanti, MT., IPU., IAL., APEC Eng.
NPP. 20440.91.0218



Ir. Moh. Nor Ali Aziz, S.T., M.T.
NPP: 20420.20.0826

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : LUCAS GEMPAR FEBRIA NATA REKSA
Nim : 1422200143
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi/tugas akhir dengan judul:

“ANALISA PENGARUH SUSUNAN PIPA KONDENSOR, MASSA REFRIGERANT, DAN KECEPATAN ALIRAN UDARA KONDENSOR TERHADAP PERFORMA KULKAS R-600A”

Adalah hasil karya saya sendiri. Skripsi/tugas akhir ini tidak mengandung karya orang lain yang telah dipublikasi atau ditulis sebelumnya, Kecuali sebagaimana yang telah disebutkan dalam daftar Pustaka dan sumber kutipan.

Saya bertanggung jawab sepenuhnya atas keaslian isi skripsi/tugas akhir ini. Jika dikemudian hari bukti bahwa skripsi/tugas akhir ini mengandung unsur plagiat, Maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di universitas.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar benarnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Surabaya, 24 Juni 2026



Lucas Gempar Febria Nata Reksa
1422200143



**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai Civitas Akademik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : LUCAS GEMPAR FEBRIA NATA REKSA
NBI/ NPM : 1422200143
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Karya : Skripsi/ Tesis/ Disertasi/ Laporan Penelitian/
~~Praktek*~~

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty-Free Right)**, atas karya saya yang berjudul:

“ANALISA PENGARUH SUSUNAN PIPA KONDENSOR, MASSA REFRIGERANT, DAN KECEPATAN ALIRAN UDARA KONDENSOR TERHADAP PERFORMA KULKAS R-600A”

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneklusif (Nonexclusive Royalty - Free Right)**, Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan, mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, mempublikasikan karya ilmiah saya selama tetap tercantum

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 24 Juni 2026

Yang Menyatakan,



(Lucas Gempar Febria Nata Rekso)

Coret yang tidak perlu

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan penyertaan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Latif Setio Bakti dan Ibu Luluk Indah Yati atas doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah, kasih sayang yang tulus, serta pengorbanan yang tidak ternilai. Dukungan dan motivasi yang diberikan menjadi sumber kekuatan utama bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Supardi, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing, yang telah dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang konstruktif selama proses penyusunan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, atas ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman akademik yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di bangku perkuliahan
4. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Angkatan 2022, yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, serta saling memberikan dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan hingga tahap akhir penyelesaian studi.
5. Terakhir, terima kasih kepada diri saya sendiri, Lucas Gempar Febria Nata Reksa dan Wahyu Assrul Alhamsah. Terima kasih atas perjalanan panjang yang telah dilalui sampai sejauh ini, banyak proses yang sudah dilalui, banyak air mata yang sudah dihapus pakai tangan sendiri, banyak lelah dan keluh kesah yang dipendam sendiri, banyak hal yang sudah dijalani, dihadapi, dan diselesaikan sendiri. Sampai detik ini, kuat karena diri sendiri yang selalu mengusahakan semua hal agar terlihat baik-baik saja. Bangga untuk setiap langkah kecilku, meskipun mudah menangis tapi tidak berhenti mencoba dan menyerah. Selamat merayakan kecemasan-kecemasan di tangga berikutnya, selamat berpetualang di level kehidupan selanjutnya, selamat berperang dengan pertanyaan 'kapan' yang tidak ada ujungnya, selamat menjalani fase dimana you not found anyone people can help your life, selamat berjuang sendirian. Tidak ada yang lebih indah dari menyaksikan proses dan pertumbuhan diri sendiri.

ABSTRAK

ANALISA PENGARUH VARIASI SUSUNAN PIPA KONDENSOR, MASSA REFRIGERANT, DAN KECEPATAN ALIRAN UDARA KONDENSOR TERHADAP PERFORMA KULKAS R-600A

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi susunan pipa kondensor, massa refrigeran, dan kecepatan aliran udara kondensor terhadap performa kulkas yang menggunakan refrigeran R-600a. Variasi susunan pipa kondensor yang digunakan yaitu U10, U12, dan U14, dengan massa refrigeran sebesar 46 gram, 48 gram, dan 50 gram, serta kecepatan putaran kipas kondensor 1000 rpm, 1200 rpm, dan 1300 rpm. Parameter yang diamati meliputi laju aliran massa refrigeran ($\dot{m}$), kerja kompresor (W), kapasitas pelepasan panas kondensor (Qc), serta Coefficient of Performance (COP). Analisis dilakukan berdasarkan data entalpi pada setiap titik siklus refrigerasi dan hasil pengujian performa sistem pendingin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah susunan pipa kondensor dan massa refrigeran cenderung meningkatkan kemampuan pelepasan panas pada kondensor sehingga berdampak pada peningkatan performa sistem. Konfigurasi terbaik diperoleh pada susunan pipa kondensor U14 dengan massa refrigeran 50 gram dan kecepatan aliran udara kondensor 1300 rpm yang menghasilkan laju aliran massa refrigeran sebesar 0,0184 kg/s, kerja kompresor sebesar 1,32 kW, kapasitas pelepasan panas kondensor sebesar 5,65 kW, dan nilai COP tertinggi sebesar 4,28. Sementara itu, performa terendah terjadi pada susunan pipa kondensor U10 dengan massa refrigeran 48 gram dan kecepatan 1000 rpm yang menghasilkan COP sebesar 3,27. Secara umum, peningkatan kecepatan aliran udara kondensor memperbaiki proses kondensasi dan meningkatkan efisiensi sistem, terutama pada susunan pipa kondensor yang lebih panjang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi susunan pipa kondensor, massa refrigeran, dan kecepatan aliran udara kondensor memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja dan efisiensi energi kulkas berbasis refrigeran R-600a.

Kata kunci: Kulkas, R-600a, Pipa Kondensor, Massa Refrigeran, Kecepatan Aliran Udara Kondensor, COP, Performa Sistem Pendingin.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF CONDENSER PIPE CONFIGURATION, REFRIGERANT CHARGE, AND CONDENSER AIRFLOW VELOCITY ON THE PERFORMANCE OF AN R-600a REFRIGERATOR

This study aims to analyze the effects of condenser pipe configuration, refrigerant charge, and condenser airflow velocity on the performance of a refrigerator using R-600a refrigerant. The condenser pipe configurations investigated were U10, U12, and U14, with refrigerant charges of 46 g, 48 g, and 50 g, and condenser fan speeds of 1000 rpm, 1200 rpm, and 1300 rpm. The observed parameters included the refrigerant mass flow rate ($\dot{m}$), compressor work (W), condenser heat rejection capacity (Q_c), and Coefficient of Performance (COP). The analysis was conducted based on enthalpy data at each point of the refrigeration cycle and the performance test results of the cooling system. The results indicate that increasing the number of condenser pipe passes and the refrigerant charge tends to enhance the condenser's heat rejection capability, thereby improving overall system performance. The optimum configuration was achieved with the U14 condenser pipe arrangement, a refrigerant charge of 50 g, and a condenser airflow velocity corresponding to a fan speed of 1300 rpm. This configuration produced a refrigerant mass flow rate of 0,0184 kg/s, compressor work of 1,32 kW, condenser heat rejection capacity of 5,65 kW, and the highest COP value of 4,28. In contrast, the lowest performance was obtained with the U10 condenser pipe arrangement, a refrigerant charge of 48 g, and a fan speed of 1000 rpm, resulting in a COP of 3,27. In general, increasing the condenser airflow velocity improved the condensation process and enhanced system efficiency, particularly for longer condenser pipe configurations. The findings demonstrate that the combination of condenser pipe configuration, refrigerant charge, and condenser airflow velocity has a significant effect on the performance and energy efficiency of an R-600a refrigerator.

Keywords: *Refrigerator, R-600a, Condenser Pipe Configuration, Refrigerant Charge, Condenser Airflow Velocity, Coefficient of Performance (COP), Refrigeration System Performance.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini untuk memenuhi persyaratan meraih gelar sarjana.

Hasil penelitian dari penulisan ini diharapkan dapat digunakan untuk perencanaan mesin pencuci tangan otomatis ,Tugas Akhir ini terselesaikan atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Bapak Dr. Harjo Seputro, S.T., M.T. selaku rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
2. Ibu Dr. Ir. Ar. R. A. Retno Hastijanti, M.T., IPU., IAI., APEC Eng. Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
3. Bapak Ir. Moh. Nor Ali Aziz, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
4. Bapak Ir. Supardi, M.Sc. Selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan pengarahan dan bimbingan kepada penulis, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Para Dosen Pengajar Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah membuka wawasan dan pengetahuan kami selama menempuh masa perkuliahan.
6. Keluarga yang memberikan semangat dan doa.
7. Rekan-rekan seperjuangan yang telah banyak memberikan masukan dan sarannya selama menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari banyaknya kelemahan dan kekurangan dalam penulisan Proposal Tugas Akhir ini, Mudah-mudahan di balik ketidaksempurnaan tugas akhir ini masih dapat memberikan manfaat untuk kajian lebih lanjut.

Surabaya, 24 Juni 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Sistem Refrigerasi	5
2.2 Sistem Kulkas.....	5
2.3 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	6
2.4 Komponen Utama Sistem Refrigerasi	8
2.4.1 Kompresor.....	8
2.4.2 Kondensor.....	9
2.4.3 Pipa Kapiler	9
2.4.4 Evaporator.....	10
2.5 Refrigeran pada Sistem Pendingin	10
2.6 Refrigeran R-600a (Isobutana).....	11
2.7 Parameter Kerja Sistem Refrigerasi	13
2.7.1 Laju aliran massa refrigeran <i>m</i>	13
2.7.2 Konsumsi Daya Kompresor	14
2.7.3 Kapasitas Pendinginan	14
2.8.4 <i>Coefficient of Performance</i> (COP).....	15
BAB III METODE PENELITIAN	17

3.1 Diagram Alir	17
3.2 Tempat dan waktu	18
3.3 Perencanaan Penelitian.....	19
3.3.1 Mulai	19
3.3.2 Studi literatur	19
3.3.3 Studi penelitian	19
3.3.4 Rumusan masalah	19
3.3.5 Penentuan variabel.....	20
3.3.6 Perakitan Alat Uji	20
3.3.7 Pengujian.....	20
3.3.8 Tabel data pengujian	20
3.3.9 Pengolahan Data	22
3.3.10 Analisa	22
3.3.11 Kesimpulan	22
3.3.12 Selesai	22
3.4 Desain Gambar Skema dan Prototype Alat Uji.....	23
3.5 Mekanisme kerja alat uji	24
3.6 Peralatan pengujian	25
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Analisa penelitian.....	29
4.2 Data hasil penelitian	30
4.3 Perhitungan tekanan pada titik siklus.....	31
4.4 Perhitungan parameter refrigeran	32
4.4.1 Titik 1 – Keluar Evaporator (<i>Saturated Vapor</i>)	32
4.4.2 Titik 2 – Keluar Kompresor (<i>Superheated Vapor</i>).....	33
4.4.3 Titik 3 – Keluar Kondensor (<i>Saturated Liquid</i>).....	33
4.4.4 Titik 4 – Masuk Evaporator (<i>Saturated Vapor</i>).....	34
4.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Termodinamika.....	35
4.6 Diagram Tekanan–Entalpi (p-h) Sistem Refrigerasi	36
4.6.1 Deskripsi siklus pada diagram P-h	36
4.6.2 interpretasi diagram p-h	37
4.7 Pembahasan Hasil Perhitungan Performa Sitem	47
4.7.1 Laju Aliran Massa Refrigeran (<i>m</i>)	47
4.7.2 Kerja Kompresor Aktual (<i>kW</i>).....	50
4.7.3 Kapasitas Pendinginan <i>kW</i>	52
4.7.5 Coefficient of Performance (COP)	54

4.8 Analisa Grafik	56
4.8.1 Grafik Laju Aliran Massa Refrigieran (<i>m</i>)	56
4.8.2 Grafik Kerja Kompresor Aktual.....	60
4.8.3 Grafik Kapasitas Pendinginan.....	63
4.8.4 Grafik Coefficient Of Performance (COP)	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kulkas 2 pintu (Sumber: blogspot.com).....	6
Gambar 2. 2 Siklus refrigerasi dan diagram Pressure-Enthalpy (sumber:wordpress.com)	7
Gambar 2. 3 Kompresor (sumber: susercontent.com).....	9
Gambar 2. 4 Kondensor (sumber: susercontent.com)	9
Gambar 2. 5 katup ekspansi (sumber: camesin.com).....	10
Gambar 2. 6 Evaporator (sumber: camesin.com).....	10
Gambar 2. 7 Diagram P-h R600a (sumber: hvac-eng.com).....	12
Gambar 2. 8 Properties Table of R600a (sumber: cantas.com).....	13
Gambar 3. 1 Skema Alat Uji	23
Gambar 3. 2 Alat Uji	23
Gambar 4. 1 diagram P-h pada susunan pipa U10 massa refrigeran 46 gram.....	38
Gambar 4. 2 diagram P-h pada susunan pipa U10 massa refrigeran 48 gram.....	39
Gambar 4. 3 diagram P-h pada susunan pipa U10 massa refrigeran 50 gram.....	40
Gambar 4. 4 diagram P-h pada susunan pipa U12 massa refrigeran 46 gram.....	41
Gambar 4. 5 diagram P-h pada susunan pipa U12 massa refrigeran 48 gram.....	42
Gambar 4. 6 diagram P-h pada susunan pipa U12 massa refrigeran 50 gram.....	43
Gambar 4. 7 diagram P-h pada susunan pipa U14 massa refrigeran 46 gram.....	44
Gambar 4. 8 diagram P-h pada susunan pipa U14 massa refrigeran 48 gram.....	45
Gambar 4. 9 diagram P-h pada susunan pipa U14 massa refrigeran 50 gram.....	46
Gambar 4. 10 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U10 Dengan variasi massa dan kecepatan aliran udara kondensor terhadap laju aliran massa refrigeran	56
Gambar 4. 11 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U12 dengan variasi massa dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap laju aliran massa refrigeran	57
Gambar 4. 12 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U14 terhadap variasi massa dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap laju aliran massa refrigeran	58
Gambar 4. 13 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U10 terhadap variasi massa refrigeran dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap kerja kompresor aktual	60
Gambar 4. 14 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U12 terhadap variasi massa refrigeran dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap kerja kompresor aktual	61

Gambar 4. 15 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U14 terhadap variasi massa refrigeran dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap kerja kompresor aktual	62
Gambar 4. 16 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U10 dengan variasi massa dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap Kapasitas Pendinginan	63
Gambar 4. 17 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U12 dengan variasi massa dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap Kapasitas Pendinginan.....	64
Gambar 4. 18 Grafik analisa pengaruh kombinasi susunan pipa U14 dengan variasi massa dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap Kapasitas Pendinginan	65
Gambar 4. 19 Grafik analisa pengaruh kombinasi Susunan pipa kondensor U 10 dengan variasi panjang pipa kapiler dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap koefisien efisiensi performa	66
Gambar 4. 20 Grafik analisa pengaruh kombinasi Susunan pipa kondensor U 12 dengan variasi panjang pipa kapiler dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap koefisien efisiensi performa	67
Gambar 4. 21 Grafik analisa pengaruh kombinasi Susunan pipa kondensor U 14 dengan variasi panjang pipa kapiler dan kecepatan laju aliran udara kondensor terhadap koefisien efisiensi performa	69

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel pengujian	23
Tabel 3. 2 Table peralatan pengujian	25
Tabel 3. 3 Table Alat Dan Bahan Perancang	26
Tabel 4. 1 Data Temperature dan Tekanan Susunan pipa kondensor 10U untuk beberapa variasi masaa refigeran	30
Tabel 4. 2 Data Temperature dan Tekanan Susunan pipa kondensor untuk beberapa variasi kecepatan kipas kondensor	30
Tabel 4. 3 Data Temperature dan Tekanan Masa refigeran untuk beberapa varias kecepatan kipas kondensor	31
Tabel 4. 4 saturation R600a.....	32
Tabel 4. 5 saturation R600a.....	34
Tabel 4. 6 hasil perhitungan enthalpy U10 dengan variasi massa refrigerant dan kecepatan aliran udara kondensor	35
Tabel 4. 7 hasil perhitungan enthalpy U12 dengan variasi massa refrigerant dan kecepatan aliran udara kondensor	35
Tabel 4. 8 hasil perhitungan enthalpy U14 dengan variasi massa refrigerant dan kecepatan aliran udara kondensor	36
Tabel 4. 9 Tabel Hasil Perhitungan Laju Aliran Massa Refrigeran	49
Tabel 4. 10 Tabel Hasil Perhitungan Kerja Kompresor Aktual	51
Tabel 4. 11 Tabel Hasil perhitungan kapasitas pendinginan.....	53
Tabel 4. 12 Hasil Perhitungan COP	55