

**DISERTASI**

**ANALISIS  
MESIN PENDINGIN AC TIPE EJEKTOR  
*OUTLET SPLIT* KONDENSOR DENGAN  
DUA TEMPERATUR EVAPORATOR**



**MADE ERY ARSANA**

**PROGRAM DOKTOR  
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS UDAYANA  
DENPASAR  
2020**

**DISERTASI**

**ANALISIS**  
**MESIN PENDINGIN AC TIPE EJEKTOR**  
***OUTLET SPLIT* KONDENSOR DENGAN**  
**DUA TEMPERATUR EVAPORATOR**



**MADE ERY ARSANA**  
**NIM.1591071028**

**PROGRAM DOKTOR**  
**PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS UDAYANA**  
**DENPASAR**  
**2020**

**ANALISIS  
MESIN PENDINGIN AC TIPE EJEKTOR  
*OUTLET SPLIT* KONDENSOR DENGAN  
DUA TEMPERATUR EVAPORATOR**

Disertasi untuk Memperoleh Gelar Doktor  
pada Program Doktor, Program Studi Ilmu Teknik,  
Fakultas Teknik Universitas Udayana

**MADE ERY ARSANA  
NIM. 1591071028**

**PROGRAM DOKTOR  
PROGRAM STUDI ILMU TEKNIK  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS UDAYANA  
DENPASAR  
2020**

## Lembar Pengesahan

DISERTASI INI TELAH DISETUJUI  
TANGGAL 27 AGUSTUS 2020

Promotor,



Prof. Ir. I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, PhD  
NIP. 197006071993031002

Kopromotor I,



Dr. Eng. Made Sucipta, ST, MT  
NIP. 197411142000121001

Kopromotor II,



I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD  
NIP. 196503251991031002

Mengetahui

Koordinator Program Studi Doktor Ilmu  
Teknik Universitas



Prof. Ir. Nyoman Arya Thanaya, ME, PhD  
NIP. 196011081988031002

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Udayana,



Prof. Ir. Ngakan Putu Gede Suardana, MT, PhD  
NIP. 195902151985102001

Disertasi Ini Telah Diuji pada Ujian Terbuka

Tanggal 27 Agustus 2020

Tim Penguji Disertasi Berdasarkan Surat Tugas Dekan  
Fakultas Teknik Universitas Udayana No.: 3619/  
UN14.2.5/TD.06/2020, Tanggal 24 Agustus 2020

Ketua: Prof. Ir. Ngakan Putu Gede Suardana, MT, Ph.D

Anggota:

1. Prof. Ir. I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, PhD
2. Dr. Eng. Made Sucipta. ST, MT
3. I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD
4. Prof. I Nyoman Suprpta Winaya, ST, MASc, PhD
5. Dr. Ir. I Ketut Gede Wirawan., MT
6. Dr. Ir. I Wayan Bandem Adnyana, MErg
7. Ainul Ghurri. ST, MT, PhD
8. Prof. Ir. Rukmi Sari Hartati, MT, Ph.D
9. Prof. Ir. I Nyoman Arya Thanaya, ME, Ph.D

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama perkenankanlah penulis memanjatkan puji syukur kehadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa/Tuhan Yang Maha Esa. karena berkat asung wara nugraha-Nya. disertasi ini dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Ir. I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, PhD pembimbing utama yang dengan penuh perhatian telah memberikan dorongan, semangat, bimbingan, dan saran selama penulis mengikuti program doktor, khususnya dalam penyelesaian disertasi ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada Dr. Eng. Made Sucipta, ST, MT. Pembimbing I dan I Nyoman Suamir, ST, MSc, PhD Pembimbing II yang dengan penuh perhatian dan kesabaran telah memberikan bimbingan dan saran kepada penulis.

Ucapan terima kasih yang sama juga ditujukan kepada Rektor Universitas Udayana Prof. Dr. dr. A.A. Raka Sudewi, SpS(K), atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan program doktor di Universitas Udayana. Ucapan terima kasih ini juga ditujukan kepada Dekan Fakultas Teknik Universitas Udayana yang dijabat oleh Prof. Ir. Ngakan Putu Gede Suardana, MT, PhD atas kesempatan yang telah diberikan kepada penulis untuk menjadi mahasiswa program doktor Ilmu Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Udayana. Tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. I Nyoman Arya Thanaya, ME, PhD, Ketua Program Studi Doktor Ilmu Teknik Universitas Udayana, atas ijin yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti pendidikan program doktor.

Pada kesempatan ini, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada Prof. I Nyoman Suprpta Winaya, ST, MASc, PhD sebagai dosen penguji disertasi kami yang juga sebagai pembimbing akademik yang telah membimbing dan memotivasi kami untuk bisa segera menyelesaikan disertasi ini. Ucapan terima kasih yang sama juga kami sampaikan pada Prof. Dr.Eng. Ir. Yanuar, M.Sc., M.Eng, Prof. Ir. Rukmi Sari Hartati, MT, Ph.D, Bapak Dr. Ir. I Ketut Gede Wirawan, MT, Bapak Ainul Ghurri, ST, MT, PhD serta kepada Bapak Dr. Ir. I Wayan Bandem, MErg. Dosen-dosen penguji disertasi kami yang telah memberikan masukan, saran, sanggahan dan koreksi sehingga disertasi ini dapat terwujud seperti ini.

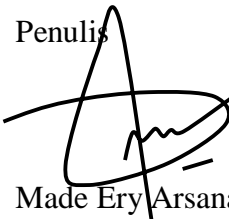
Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus disertai penghargaan kepada seluruh guru-guru dan dosen-dosen yang telah membimbing penulis, mulai dari sekolah dasar sampai perguruan tinggi. Juga penulis ucapkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis. Drs I Ketut Kuntjiarsa almarhum dan Ni Wayan Reni yang telah mengasuh dan membesarkan penulis, memberikan dasar-dasar berpikir logik dan suasana demokratis sehingga tercipta lahan yang baik untuk berkembangnya kreativitas. Bapak mertua I Wayan Diara Almarhum dan Ibu mertua Ni Luh Putu Lincawati serta kakak penulis, Ir. Ni Luh Putu Eny Suarsini dan adik-adik penulis, Dr. I Nyoman Wawan Tirtayasa,

SpBd, K-Onkologi dan Ni Ketut Elen Kusuma Yanti, SE atas bantuan moril dan meterial.

Akhirnya penulis sampaikan terima kasih kepada istri, Ni Luh Putu Puspawati Widiasih, S.E., SPd serta anak-anak kami, Putu Sri Puspita Damayanti, Made Adinda Kusuma Wijayanti dan Nyoman Prascintia Dewi, tersayang yang dengan penuh pengorbanan telah memberikan kepada penulis kesempatan untuk lebih berkonsentrasi menyelesaikan disertasi ini. Semoga Ida Sang Hyang Widhi Wasa/ Tuhan Yang Maha Esa, selalu melimpahkan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan dan penyelesaian disertasi ini, serta kepada penulis sekeluarga.

Denpasar, 15 Agustus 2020

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized loop that encloses the name 'Made Ery Arsana'.

Made Ery Arsana  
NIM. 159 107 1028

## ABSTRAK

### ANALISIS MESIN PENDINGIN AC TIPE EJEKTOR *OUTLET SPLIT* KONDENSOR DENGAN DUA TEMPERATUR EVAPORATOR

Penelitian disertasi ini bertujuan untuk melakukan investigasi terhadap parameter ejektor sebagai alat ekspansi dan pengaruhnya terhadap kinerja energi mesin pendingin AC tipe ejektor *outlet split* kondensor dengan dua temperatur evaporator. Analisis dan sintesis difokuskan untuk pengembangan sistem mesin pendingin AC tipe *Split Air Conditioning* (SAC) standar menjadi sistem SAC berteknologi ejektor tanpa perubahan signifikan pada geometri dasar dan fungsi, tetapi lebih efisien dalam penggunaan energi. SAC berteknologi ejektor yang dikembangkan juga memanfaatkan refrigeran jenis Hidrokarbon R-290. Untuk tujuan perbandingan, analisis juga dilakukan untuk sistem SAC standar, sistem AC ejektor dengan akumulator dan sistem AC tipe ejektor yang dikembangkan tetapi menggunakan refrigeran jenis HCFC R-22.

Program *Engineering Equation Solver* (EES) digunakan untuk membantu dalam melakukan analisis termodinamik dan eksergi, parameter ejektor dan kinerja energi dari mesin pendingin AC. Hasil analisis dari parameter ejektor dievaluasi dan divalidasi dengan hasil penelitian sejenis yang sudah dipublikasi. Parameter ejektor yang sudah divalidasi digunakan sebagai basis pembuatan ejektor. Sedangkan untuk analisis experimental, sebuah prototipe mesin pendingin AC tipe ejektor *outlet split* kondensor dengan dua temperatur evaporator juga dibuat yang selanjutnya disebut sistem COS-SAC (*Condenser Outlet Split - Split Air Conditioning system*). Sistem COS-SAC terdiri dari sistem SAC standar dengan kapasitas pendinginan 2,6 kW yang direkonstruksi dengan menambahkan ejektor sebagai alat ekspansi utama dan pipa kapiler sebagai alat ekspansi sekunder. Evaporatornya dimodifikasi menjadi dua bagian: koil utama dan koil sekunder dengan dua temperatur evaporasi. Ejektor hasil pembuatan diaplikasikan pada sistem COS-SAC sebagai alat ekspansi utama. Sistem COS-SAC juga dilengkapi dengan sistem kontrol, instrumentasi, penyimpanan data dan sistem pengamanan (*safety*). Sistem juga dapat diretrofit dengan menggunakan R-290 atau R-22 menurut kebutuhan pengujian. Selanjutnya dilakukan pengujian sistem COS-SAC dan evaluasi fungsi ejektor serta kinerja energi sistem. Pengujian dan evaluasi kinerja energi juga dilakukan untuk sistem SAC standar.

Dari hasil pembuatan prototipe terkonfirmasi bahwa sistem COS-SAC dapat dikembangkan dari sistem SAC standar tanpa perubahan signifikan pada geometri dasar. Pemasangan ejektor yang pas di dalam *indoor unit* sistem SAC merupakan salah satu keunggulan sistem COS-SAC dibandingkan dengan sistem AC ejektor dengan akumulator. Hasil analisis termodinamik berdasarkan data hasil pengujian menunjukkan nilai COP sistem COS-SAC dapat mencapai 4,206 pada suhu lingkungan sekitar 27°C. Hasil ini relative lebih baik dari rekomendasi ASHRAE dengan COP 3,5 untuk sistem SAC yang memiliki kapasitas pendingin kurang dari 8 kW. Jika dibandingkan dengan hasil pengujian sistem SAC standar R-22, maka sistem COS-SAC dengan R-290 dapat menunjukkan keunggulan kinerja dengan



*COP* dan *EER* 20 % lebih tinggi, serta penurunan penggunaan daya listrik sebesar 16,9%. Disamping itu, hasil analisis eksergi menunjukkan bahwa efisiensi eksergi sistem *COS-SAC* dengan R-290 sebesar 23,4% terhitung lebih tinggi 13,9 % dan 9,2% dibandingkan dengan berturut-turut sistem *SAC* dengan R-290 dan R-22. Hasil ini membuktikan bahwa sistem *COS-SAC* memiliki keunggulan kinerja energi dan sesuai dengan hasil analisis termodinamik.

Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja energi sistem *COS-SAC* yang dianalisis memiliki keunggulan dan efek menguntungkan. System *COS-SAC* juga telah berhasil diaplikasikan pada sistem *SAC* standard dan memiliki potensi untuk dapat dioptimasi dan dikembangkan lebih lanjut.

Kata kunci: Ejektor, sistem *COS-SAC*, *COP* dan dua temperatur evaporator.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF AIR CONDITIONING REFRIGERATION SYSTEM TYPE CONDENSER OUTLET SPLIT EJECTOR INCORPORATED DUAL EVAPORATOR TEMPERATURES**

In this dissertation research, synthesis of the ejector parameters as an expansion device and its effect on the energy performance of the split type condenser ejector outlet AC system incorporated two evaporator temperatures. The analysis and synthesis are focused on the development of a standard Split Air Conditioning System (SAC system) into an ejector-technology SAC system without significant changes in basic geometry and functions, but is more efficient in energy use. The SAC system incorporated ejector technology also utilizes Hydrocarbon refrigerant R-290 which has very low global warming potential and does not damage the ozone layer. For comparison purposes, analyses have also been carried out for a standard SAC system, an AC ejector system with accumulator and the proposed SAC system incorporated ejector-technology but uses an HCFC type refrigerant R-22.

Engineering Equation Solver (EES) program was chosen for use in the investigation included thermodynamic and exergy analyses of ejector parameters and energy performance of the AC system. The results of computational analysis of the ejector parameters were evaluated and validated with the results of similar studies that have been published. The validated ejector parameters were then used as the basis for manufacturing the ejector. As for the experimental analysis, a prototype AC type ejector outlet split - split condenser with two evaporator temperatures was also made. The prototype is called as the COS-SAC system (Condenser Outlet Split - Split Air Conditioning). The COS-SAC system consists of a standard SAC system of 2.6 kW cooling capacity which was reconstructed by adding an ejector as the main expansion device and capillary tube as the secondary expansion device. The evaporator was modified into two parts: primary and secondary coils with two evaporation temperatures. The ejector was applied to the COS-SAC system as the main expansion device. In addition, the COS-SAC system was completed with control, comprehensive instrumentation, data storage and safety systems. The COS-SAC system can also be retrofitted using R-290 or with R-22 according to testing modes. Testing and evaluation of the ejector function and the energy performance of the system were then carried out. Energy performance testing and evaluation was also performed for standard SAC system.

From the prototype construction results, it is confirmed that the COS-SAC system can be developed from a standard SAC system without significant changes to the basic geometry. The installation of an ejector that fits in the SAC indoor unit is one of the advantages of the COS-SAC system compared to the AC ejector system with accumulator. The results of the thermodynamic analyses made based on data from the test results show the COP value of the COS-SAC system developed can reach 4,206 at an ambient temperature of around 27 °C. This result is relatively better than ASHRAE recommendation of COP 3,5 for SAC systems

with cooling capacity lower than 8 kW. When compared with the results of tests on standard SAC systems with R-22, the COS-SAC system with R-290 can show performance advantages with COP and EER of 20% higher, and a decrease in electricity usage by 16,9%. The results of computational analysis by applying the exergy analysis showed that the exergy efficiency of the COS-SAC system with R-290 of 23,4% was accounted to be higher by 13,9% and 9,2% compared to SAC systems with R-290 and R-22, respectively. These results have proved that the COS-SAC system has superior energy performance which is in agreement with the results of thermodynamic analysis.

The results of this study indicate that the energy performance of the COS-SAC system has advantages and a beneficial effect. The COS-SAC system has been successfully applied on the standard SAC system and has potential for further optimization and development.

Keywords : Ejector, COS-SAC system, COP and dual evaporator temperatures.

## DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DALAM.....	ii
PRASYARAT GELAR.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
PENETAPAN TIM PENGUJI.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR ARTI LAMBANG, SINGKATAN DAN ISTILAH.....	xx
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	10
1.3 Tujuan.....	10
1.4 Manfaat Penelitian.....	11
1.5 Batasan Masalah.....	11
1.6 Kebaruan ( <i>Novelty</i> ).....	12
BAB II.....	13
TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Mesin Pendingin AC Split dan Pengembangannya.....	13
2.2 Siklus Kompresi Uap.....	14
2.3 COP (Coefficient of Performance).....	16
2.4 EER (Energy Efficiency Ratio).....	17
2.5 Siklus Kompresi Uap dengan Sistem Ejektor Dua Fase.....	18
2.6 Prinsip Kerja Ejektor.....	19

2.7	Kategori Pemanfaatan Ejektor di Sistem Pendingin .....	21
2.8	Perkembangan Ejektor Sistem Dua Fase .....	21
2.9	Sistem Ejektor Dua Fase Standar pada Sistem Pendingin dan Tata Udara .....	22
2.10	Aspek Dasar Aliran pada Ejektor.....	25
2.11	Analisis Termodinamika .....	27
2.12	Analisis Eksergi.....	30
BAB III .....		33
KERANGKA BERPIKIR KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN .....		33
3.1	Kerangka Berpikir (uraian).....	33
3.2	Konsep Penelitian.....	34
3.3	Hipotesis .....	46
BAB IV .....		48
METODE PENELITIAN.....		48
4.1	Rancangan Penelitian .....	48
4.2	Lokasi dan Waktu Penelitian .....	52
4.3	Variabel Penelitian .....	52
4.4	Bahan Penelitian.....	53
4.5	Instrumen Penelitian.....	54
4.6	Prosedur Penelitian.....	57
4.7	Cara Analisis Data.....	62
BAB V .....		64
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		64
5.1	Ejektor Analisis .....	64
5.2	Sistem AC Split Sistem Ejektor dengan Akumulator.....	79
5.3	Sistem AC Split Sistem Ejektor COS-SAC dengan Dua Temperatur Evaporator .....	83
5.4	Perbandingan Hasil Eksperimen Sistem Ejektor dengan Akumulator dan Sistem COS-SAC Dua Temperatur Evaporator.....	96
5.5	Desain Dimensi Ejektor yang Diperbaharui untuk Sistem COS-SAC dengan Dua Temperatur Evaporator.....	102

5.6	Temuan ( <i>novelty</i> ), Mesin Pendingin AC Tipe Ejector Outlet Split Kondensor (COS-SAC ) dengan Dua Temperatur Evaporator .....	104
5.7	Metode Analisis Energi dan Eksergi .....	108
5.8	Set-up Eksperimen Mesin Pendingin AC Tipe Ejector Outlet Split Kondensor (COS-SAC ) dengan Dua Temperatur Evaporator .....	111
5.9	Hasil dan Pembahasan Mesin Pendingin AC Tipe Ejector Outlet Split Kondensor (COS-SAC ) dengan Dua Temperatur Evaporator .....	113
BAB VI.....		132
SIMPULAN DAN SARAN .....		132
DAFTAR PUSTAKA.....		134
LAMPIRAN-LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konversi Antara Parameter Energi Sistem Pendingin .....	18
Tabel 2.2. Dimensi Ejektor (Ünal, 2015).....	26
Tabel 3.1 Parameter Rancangan Ejektor AC split .....	45
Tabel 4.1 <i>ASHRAE Standard 37-2014. Methods of Testing for Heat-Operated Unitary Air-Conditioning and Heat-Pump Equipment</i> .....	60
Tabel 4.2 <i>.Permissible Deviations from Set Values</i> .....	61
Tabel 5.1 Rangkuman Dimensi Ejektor Berdasarkan Literatur .....	68
Tabel 5.2 Data Kondisi Operasi dari Eksperimen (Ersoy dan Bilir Sag, 2014)....	77
Tabel 5.3 Validasi Hasil Pengujian Program EES.....	78
Tabel 5.4 Hasil Rancangan Dimensi Ejektor dengan Program EES .....	79
Tabel 5.5 Hasil Pegujian AC Split Ejektor dengan Akumulator.....	82
Tabel 5.6 Hasil Rancangan Dimensi Baru Ejektor dengan Program EES.....	104
Tabel 5.7 <i>Exergy Destructions dan Exergy Efficiency Siklus</i> .....	128

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ukuran ejektor, nosel dan perakitannya .....	6
Gambar 2.1 AC split .....	13
Gambar 2.2a) Sistem kompresi uap b) P-H diagram .....	14
Gambar 2.3a) Siklus standar b) Siklus dengan sistem ejektor .....	18
Gambar 2.4a) <i>Constant-area mixing ejector</i> dan b) <i>Constant pressure mixing ejector</i> (Keenan <i>et al.</i> , 1950).....	20
Gambar 2.5 Profile tekanan dan kecepatan pada ejektor .....	23
Gambar 2.6 Skematik dari ejektor untuk aplikasi pada AC bus(Ünal, 2015).....	27
Gambar 2.7 AC Sistem Ejektor untuk Bus dan P-h diagram (Ünal, 2015) .....	28
Gambar 2.8a) Skema diagram AC siklus standar dan b) sistem ejektor dengan akumulator .....	29
Gambar 2.9 P-h diagram siklus standar dan siklus ejektor .....	29
Gambar 3.1a) Siklus standar ejektor dua phase b) P-h diagram siklus ejektor standar dua fase (Lawrence and Elbel, 2013) .....	35
Gambar 3.2a) Siklus ejektor condensor outlet split (COS) b) P-h diagram siklus ejektor (COS) (Lawrence and Elbel, 2013) .....	36
Gambar 3.3a) Siklus ejektor diffuser outlet split (DOS) b) P-h diagram siklus ejektor (DOS) (Lawrence and Elbel, 2013) .....	36
Gambar 3.4a) Siklus dengan katup ekspansi dengan dua temperatur evaporator b) P-h diagram Siklus dengan katup ekspansi dengan duatemperatur evaporator (Lawrence and Elbel, 2013) .....	37
Gambar 3.5 Skema sistem AC. Sumeru. <i>et al.</i> (2014).....	37
Gambar 3.6 Variasi dari motive nozzel dan konstan area diameter. dan area rasio ejektor dan perbandingannya dengan kondensor temperatur ( $T_e = 5^0C$ . $\eta_n=0.9$ dan $\eta_d=0.8$ Sumeru. <i>et al.</i> (2014) .....	37
Gambar 3.7 <i>Schematic view</i> ejektor. Sumeru. <i>et al.</i> (2014).....	38
Gambar 3.8 Skema sistem AC truk pendingin (Ünal and Yilmaz, 2015).....	40



Gambar 3.9 Schematic view ejektor. (Ünal and Yilmaz, 2015).....	40
Gambar 3.10 Design sistem AC type split dengan ejektor dua fase.....	41
Gambar 3.11 AC Split dengan dua temperatur evaporator dan P-H diagramnya .	42
Gambar 3.12 Skema diagram Sistem AC split ejektor pembagian dua evaporator yang diajukan dalam penelitian ini.....	43
Gambar 3.13 Disain ejektor dua fase dengan R290 berdasarkan pengembangan.	45
Gambar 4.1 P-H diagram ejektor dengan kondisi tekanannya dan temperatur evaporator sekunder lebih rendah dari evaporator primer.....	49
Gambar 4.2 Bagan Kegiatan Penelitian .....	51
Gambar 4.3 <i>Power Analyzer</i> TES 3600.....	54
Gambar 4.4 Mesin pendingin AC split 1 PK Indoor dan Outdoor.....	54
Gambar 4.5 <i>Instrumen data aquisisi Datascan 7320</i> .....	55
Gambar 4.6 Ruang pengujian AC split sistem ejektor yang ditempatkan pada ruang yang dikondisikan dilengkapi dengan <i>electric heater</i> .....	55
Gambar 4.7 Instrumen Termometer. <i>SD LOGGER</i> .....	56
Gambar 4.8 Instrumen Pressure Tranduser. dan <i>Termokopel Type K</i> .....	56
Gambar 4.9 Instrumen <i>Flowmeter Refrigeran</i> dan <i>flow Sensor</i> .....	57
Gambar 4.10 Tampilan program EES.....	57
Gambar 4.11 Bagan alir penelitian .....	58
Gambar 5.1 Gambar bagian dari Ejektor dua fase,dikembangkan dari Hu. <i>et al.</i> (2014).....	65
Gambar 5.2 Keterangan dari dimensi Ejektor <i>two phase with constant-area mixing</i> .....	68
Gambar 5.3 Flow chart program.....	70
Gambar 5.4 <i>Two Phase with constant-area mixing</i> ejektor.....	75
Gambar 5.5 Ejektor yang dibuat untuk AC ejektor dengan akumulator.....	78
Gambar 5.6 Motif Nozel .....	79
Gambar 5.7 Siklus AC split Ejektor dengan Akumulator.....	80
Gambar 5.8 AC split ejektor dengan akumulator .....	81

Gambar 5.9 Tampilan program ESS AC split ejektor standar .....	82
Gambar 5.10 COP vs Temperatur evaporator .....	82
Gambar 5.11 Skematik diagram untuk AC split ejektor dengan dua temperatur evaporator .....	84
Gambar 5. 12 Perakitan AC split ejektor dengan dua temperatur evaporator.....	85
Gambar 5. 13 Pemasangan instrumentasi pada AC split ejektor dengan dua temperatur evaporator .....	90
Gambar 5. 15 Dual evaporator temperatures in the ejektor COS-SAC sistem .....	91
Gambar 5. 14 Temperatures masuk dan keluar condenser .....	93
Gambar 5. 16 a) <i>Ejector efficiency of the COS-SAC system</i> .....	94
Gambar 5. 17 a) <i>Cooling capacity of the COS-SAC system</i> .....	95
Gambar 5. 18 Set-up eksperimental AC split ejektor sistem .....	97
Gambar 5. 19 Perbandingan kapasitas pendingin kedua sistem.....	98
Gambar 5. 20 Daya input kompresor .....	99
Gambar 5. 21 COP system ejektor COS with dual evaporator .....	100
Gambar 5. 22 COP system ejektor COS with accumulator .....	100
Gambar 5. 23 Comparison of COP system values with the use of R-22 and R-290 .....	101
Gambar 5. 24 Gambar kerja dimensi ejektor yang disesuaikan .....	104
Gambar 5. 25 Skematic dan P-h Diagram Mesin Pendingin AC Tipe Ejektor Outlet Split Kondensor dengan Dua Temperatur Evaporator(COS-SAC) system. ....	105
Gambar 5. 26 Peralatan pengujian: a) Model dua temperatur evaporator dan b) Schematic koil evaporator sistem COS-SAC, dua temperatur evaporator .....	107
Gambar 5. 27 Peralatan pengujian: a) instrumentation dan data logging systems dan b) sistem COS-SAC dengan dua temperatur evaporator.....	113
Gambar 5. 28 P-h diagram R-290 sistem COS-SAC.....	115
Gambar 5. 29 T-s diagram R-290 sistem COS-SAC .....	116
Gambar 5. 30 Variasi Tekanan outlet motif nozel ejektor (P4) dan Tekanan pada sisi masuk sekunder ejektor (P8)sistem COS-SAC .....	117

Gambar 5. 31 Temperature saturation of SAC system .....	118
Gambar 5. 32 Temperature saturation of dual-temperature evaporator COS-SAC system.....	119
Gambar 5. 33 Effects of primary coil evaporation temperature on the COP.....	121
Gambar 5. 34 Effects of secondary coil evaporation temperature on the COP and ejektor efficiency.....	122
Gambar 5. 35 Effect of condenser temperature on entrainment ratio.....	123
Gambar 5. 36 Effect of condenser temperature on COP and ejektor efficiency.	124
Gambar 5. 37 Compressor power consumption of the COS-SAC system charged with R-290 or R-22 in comparison with SAC system with R-22	125
Gambar 5. 38 Cooling capacity of the COS-SAC system charged with R-290 or R-22 and compared with SAC system with R-22.....	126
Gambar 5. 39 Grassman diagram of the exergy balance .....	129

## DAFTAR ARTI LAMBANG, SINGKATAN DAN ISTILAH

a	area (m <sup>2</sup> )	$\dot{m}$	mass flow rate ( kg s <sup>-1</sup> )
AC	air conditioning	N	experimental parameter
c	specific heat (kJ kg <sup>-1</sup> k <sup>-1</sup> )	n	polytrophic exponent
COP	coefficient of performance (-)	P	pressure (kPa)
COS-SAC	condenser outlet split-split air conditioning	Q	heat transfer rate (kW)
D	diameter (mm)	s	specific entropy (kJ kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
ED	exergy destruction	SAC	split air conditioning
EER	energy efficiency ratio	T	temperature(°C)
EERC	ejector-expansion refrigeration cycle	u	velocity (m s <sup>-1</sup> )
EERS	ejector expansion refrigeration system	v	velocity of refrigerant (m s <sup>-1</sup> )
EES	Engineering Equation Solver	V	specific volume ( m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )
$\dot{E}_x$	exergy (W)	W	power (kW)
h	specific enthalpy (kJ kg <sup>-1</sup> )	x	vapor quality (-)
<b>Greek symbol</b>			
$\alpha$	angle (degree)	v	specific volume (m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )
$\gamma$	isentropic exponent (-)	$\rho$	density (kg m <sup>-3</sup> )
$\Delta$	difference	$\Psi$	exergy efficiency
$\eta$	efficiency (-)	$\omega$	entrainment ratio (-)
<b>Subscripts</b>			
0	stagnation	ms	mixing section
b	back	n	nozzle
c	critical	p	primary
cnd	condenser	q	constant pressure process
cmp	compressor	s	secondary or isentropic
d	diffuser	sep	separator

e	exit	sta	standard
ejr	ejector	sub	degree of sub-cooling
evap	evaporator	sup	degree of super-heating
is	isentropic	t	throat
lift	lift	thv	throttle device
l	liquid	tot	total
m	mixing	v	vapor
mn	motive nozzle		