

TUGAS AKHIR

Analisa Eksergi *Turbocharger* dengan 22 Jenis Fluida Kerja *Referigrant* Pada Sistem (ORC) *Organic Rankine Cycle*

Diajukan Untuk Melengkapi Sebagai Syarat Dalam
Mencapai Gelar Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Di susun oleh :
Nama : Syahid Hasyim
NIM : 41309010013
Program Studi : Teknik Mesin

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2013**

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Syahid Hasyim
NIM : 41309010013
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : **Analisa Eksergi Turbocharger dengan 22
Jenis Fluida Kerja Referigran Pada Sistem
(ORC) Organic Rankine Cycle**

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tugas Akhir yang telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan dan tata tertib Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Jakarta, September 2013



Penulis

LEMBAR PENGESAHAN

Analisa Eksergi *Turbocharger* dengan 22 Jenis Fluida Kerja *Referigrant* Pada Sistem (ORC) *Organic Rankine Cycle*

Disusun Oleh :

NAMA : Syahid Hasyim
NIM : 41309010013
Program Studi : Teknik Mesin

Pembimbing,


UNIVERSITAS
MERCU BUANA
(Ir. Rully Nutranta M,Eng)

Mengetahui

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi



(Prof. Dr. Ir. Gimbal Doloksaribu)

ABSTRAK

Analisa Eksergi *Turbocharger* dengan 22 Jenis Fluida Kerja *Referigrant* Pada Sistem (ORC) *Organic Rankine Cycle*

Dalam tugas akhir ini penulis bertujuan untuk melakukan penelitian mengenai eksergi pada *turbocharger* dalam sistem ORC (*Organic Rankine Cycle*) dan pemilihan jenis *referigrant* yang nantinya dipakai pada alat uji yang dibuat, agar dapat mengetahui nilai eksergi yang nantinya bias dijadikan sebagai nilai actual pada alat uji. Nilai eksergi ini adalah nilai energi maksimum yang dapat dimanfaatkan setelah mendapatkan pengaruh dari lingkungan.

Dalam perhitungan nilai eksergi ini, penulis melakukan penelitian dengan menghitung nilai eksergi input dan output pada *turbocharger* serta menghitung efisiensi eksergi yang terjadi pada *turbocharger* dalam sistem *Organic Rankine Cycle*. Perhitungan difokuskan pada 22 jenis *referigrant* sebagai fluida kerja yang nantinya akan digunakan dalam sistem *Organic Rankine Cycle*. Dalam pengambilan data karakteristik referigrant yaitu dengan menggunakan data *Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties*.

Metode penelitian yang penulis gunakan dalam perhitungan adalah dengan cara perhitungan manual dengan mangacu pada rumus, grafik dan tabel yang berkaitan dengan judul yang penulis ambil. Teknik pengumpulan data selain dari data karakteristik untuk pemilihan jenis *referigrant* adalah dengan melihat spesifikasi pada setiap komponen pada alat uji. Dalam hal ini penulis melakukan perhitungan eksergi yang difokuskan pada *turbocharger* yang nantinya hasil perhitungan tersebut dikaitkan dengan spesifikasi komponen yang ada untuk menentukan jenis *referigrant* yang sesuai digunakan dalam uji coba alat yang dibuat.

Dari hasil perhitungan, diperoleh eksergi terbesar terdapat jenis *referigrant* R115 yaitu sebesar 1,114 (kJ/kg) terkecil terdapat pada jenis *referigrant* PENTANE yaitu 0,836 (kJ/kg). Dan dilihat spesifikasi *accumulator* dan *liquid receiver* referigrant yang mampu bekerja pada sistem alat uji yang dibuat adalah jenis-jenis *referigrant* R12, R22, R134a, R404a, R502 dan R507. Dengan berbagai pertimbangan maka dipilih R134a sebagai jenis *referigrant* untuk proses uji alat ORC. Dari hasil perhitungan dan analisa tersebut diharapkan data perhitungan eksergi ini bias digunakan atau dimanfaatkan untuk para peneliti selanjutnya dalam pengembangan mengenai sistem *Organic Rankine Cycle*.

Kata kunci : *Turbochager, ORC, Reference Fluid Themodynamic and Transport Properties, referigrant, R115, PENTANE, R12, R22, R134a, R404a R502, R507.*

ABSTRACT

Analysis Eksergy Turbocharger with 22 Referigrant Working Fluid Type on System (ORC) Organic Rankine Cycle

In this thesis the author conducts research on the turbocharger system eksergy the ORC (Organic Rankine Cycle) and the selection of referigrant that will be used in test equipment made, in order to determine the value eksergy that later can be used as actual values to the test equipment. This eksergy value is the value of maximum energy that can be used after getting the influence of the environment.

In this eksergy calculation, the author conducted a study to calculate the value of the input and output eksergy on turbocharger and counting efficiency eksergy happens to the turbocharger in Organic Rankine Cycle. Calculation focused on 22 types referigrant as fluid work that will be used in the Rankine Cycle system Organic. In the data collection characteristics by using the data referigrant Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties.

Research methods that I use in the calculation is by manual calculation with formulas, graphs and tables relating to the authors take the title. Data collection techniques in addition to the characteristics of the test equipment. In this case the authors calculated that eksergy turbocharger that will be focused on the results of the calculations associated with the specifications of the component to determine the type of good referigrant used in trials of the tool made.

From the calculation, obtained the largest eksergy are kind referigrant R115 equal to 1,114 (kJ/kg) are the smallest type of referigrant PENTANE is 0,836 (kJ/kg). and judging by the specs referigrant accumulator and liquid receivers are able to work on a system that made test equipment are the types referigrant R12, R22, R134a, R404a, R502 and R507. In consideration then selected R13a as a kind of test tool referigrant for ORC process. From the results of the calculation and analysis of the data expected this eksergy can be used or useful for the further research in the development of the system Organic Rankine Cycle.

Keywords : Turbocharger, ORC, Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties, Referigrant, R115, PENTANE, R12, R22, R134a, R404a, R502, R507

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi berkah dan rahmat-Nya yang begitu besar sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir Ini.

Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat bagi Mahasiswa untuk menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S-1) pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Jakarta. Tugas Akhir yang dibuat adalah

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat dukungan, bimbingan, pengarahan dan bantuan baik moral dan material, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Dana Santoso M,Eng Sc.Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Prof. Dr. Ir Gimbal Doloksaribu, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Ir. Rully Nutranta M,Eng, selaku dosen pembimbing yang selalu meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing serta mengarahkan penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Bapak Munadi Firmansyah dan Bapak Sumantri selaku staf lab proses produksi, terima kasih atas ide-ide yang diberikan kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu dosen Fakultas Teknik, khususnya di program studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, yang telah memberikan ilmunya dalam menjalani perkuliahan dan memberikan semangat sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
6. Kedua Orang tuaku tercinta atas jasa-jasanya yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi, dan do'a yang selalu mengiringi disetiap langkahku, serta dukungan moril maupun materil dalam pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Siti Hadijah yang selalu menemani dan banyak memberi semangat kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

8. Teman-teman satu tim dan juga Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Mercu Buana khususnya Teknik Mesin S-1 angkatan 2009, Terima kasih atas dukungan maupun bantuannya.

Penulis menyadari banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk membantu menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini sehingga menjadi lebih baik. Akhir kata penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi rekan-rekan dalam menyelesaikan tugasnya.

Jakarta, September 2013

Penulis

Syahid Hasyim



DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| Halaman Judul | i |
| Lembar Pernyataan | i |
| Lembar Pengesahan | iii |
| Abstrak | iv |
| Kata Pengantar | vi |
| Daftar Isi | viii |
| Daftar Tabel | xi |
| Daftar Gambar | xiii |
| Daftar Grafik | xiv |
| Daftar Notasi | xv |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.5 Metodologi Penulisan | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 5 |
| | |
| BAB II LANDASAN TEORI | 7 |
| 2.1 Dasar Termodinamika | 7 |
| 2.1.1 Siklus Termodinamika | 7 |
| 2.1.2 Hukum Termodinamika Kedua | 8 |
| 2.1.3 Definisi Eksergi | 10 |
| 2.2 Siklus Ideal Rankine | 10 |
| 2.2.1 Efisiensi eksergi pada turbin dalam sistem ORC | 12 |
| 2.3 Turbocharger | 13 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | 18 |
| 3.1 Skema <i>Organic Rankine Cycle</i> | 18 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1 Pompa <i>Steam</i> | 19 |
| 3.1.2 <i>Booster Pump</i> | 20 |
| 3.1.3 <i>Plate Heat Exchanger</i> | 20 |
| 3.1.4 <i>Filter Dryer</i> | 21 |
| 3.1.5 <i>Shut Off Valve</i> | 21 |
| 3.1.6 <i>Referigerant Accumulator</i> | 22 |
| 3.1.7 <i>Liquid Receiver</i> | 22 |
| 3.1.8 <i>Heater</i> | 23 |
| 3.1.9 Turbin | 23 |
| 3.1.10 <i>Pressure transmitter</i> | 24 |
| 3.1.11 <i>Automatic Voltage Regulator</i> | 24 |
| 3.1.12 <i>Heat Storage Tank</i> | 25 |
| 3.1.13 <i>Cool Storage Tank</i> | 26 |
| 3.1.14 <i>Thermocouple</i> | 26 |
| 3.1.15 Data Akuisisi (NI-DAQ) | 27 |
| 3.1.16 Termostat | 27 |
| 3.2 Tes Kebocoran | 28 |
| 3.3 Pengujian dan Pengambilan Data | 28 |
| 3.4 Diagram Alir | 30 |

BAB IV PERCOBAAN ALAT UJI dan ANALISA EKSERGI 22 FLUIDA

| | |
|---|-----------|
| KERJA | 31 |
| 4.1 Proses Pembuatan Alat Uji | 31 |
| 4.2 Proses Percobaan Alat Uji | 32 |
| 4.3 Analisa karakteristik 22 fluida kerja | 34 |
| 4.4 Analisa Eksergi pada turbin dalam sistem ORC dengan 22 fluida kerja | 46 |

BAB V SIMPULAN DAN SARAN **60** |

| | |
|--------------------|----|
| 5.1 Simpulan | 60 |
| 5.2 Saran | 61 |

| | |
|----------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA | 62 |
| DAFTAR ACUAN..... | 63 |
| LAMPIRAN..... | 64 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Percobaan 1 | 33 |
| Tabel 4.2 Percobaan 2 | 34 |
| Tabel 4.3 Karakteristik <i>referigrant</i> R11 dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C.... | 35 |
| Tabel 4.4 Karakteristik <i>referigrant</i> R113 dan R114 dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 36 |
| Tabel 4.5 Karakteristik <i>referigrant</i> R115 dan R12 dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 37 |
| Tabel 4.6 Karakteristik <i>referigrant</i> R123 dan R124 dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 38 |
| Tabel 4.7 Karakteristik <i>referigrant</i> R134a dan R141b dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 39 |
| Tabel 4.8 Karakteristik <i>referigrant</i> R142b dan R152b dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 40 |
| Tabel 4.9 Karakteristik <i>referigrant</i> R21 dan R218 dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 41 |
| Tabel 4.10 Karakteristik <i>referigrant</i> R22 dan R227ea dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 42 |
| Tabel 4.11 Karakteristik <i>referigrant</i> R236ea dan R236fa dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 43 |
| Tabel 4.12 Karakteristik <i>referigrant</i> R245ca dan R245fa dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 44 |
| Tabel 4.13 Karakteristik <i>referigrant</i> R365mfc dan RC318 dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 45 |
| Tabel 4.14 Karakteristik <i>referigrant</i> PENTANE dengan P = 1 – 15 bar dan T = 30 - 70°C | 46 |
| Tabel 4.15 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R21 dan R22 | 47 |
| Tabel 4.16 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R113 dan R114 | 48 |
| Tabel 4.17 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R115 dan R123 | 49 |
| Tabel 4.18 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R124 dan R134a | 50 |
| Tabel 4.19 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R141b dan R142b | 51 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.20 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R152a dan R218 | 52 |
| Tabel 4.21 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R227ea dan R236ea | 53 |
| Tabel 4.22 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R236fa dan R245ca | 54 |
| Tabel 4.23 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R245fa dan RC318 | 55 |
| Tabel 4.24 Perhitungan eksergi <i>referigrant</i> R365mfc dan PENTANE | 56 |
| Tabel 4.25 Perhitungan eksegi <i>referigrant</i> R21 dan R22 | 57 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 p – V diagram pada siklus termodinamika | 7 |
| Gambar 2.2 Siklus rankine sederhana | 11 |
| Gambar 2.3 Prinsip kerja <i>Turbocharger</i> | 16 |
| Gambar 3.1 Skema Siklus Rankine Organik | 18 |
| Gambar 3.2 Pompa <i>steam</i> | 19 |
| Gambar 3.3 <i>Booster pump</i> | 20 |
| Gambar 3.4 Plate heat exchanger | 20 |
| Gambar 3.5 <i>Filter dryer</i> | 21 |
| Gambar 3.6 Shut – off valve | 21 |
| Gambar 3.7 Referigrant accumulator | 22 |
| Gambar 3.8 <i>Liquid receiver</i> | 23 |
| Gambar 3.9 <i>Heater</i> | 23 |
| Gambar 3.10 <i>Turbocharger</i> | 24 |
| Gambar 3.11 Pressure transmitter | 24 |
| Gambar 3.12 Automatic voltage regulator | 25 |
| Gambar 3.13 Heat storage tank | 25 |
| Gambar 3.14 Cool storage tank | 26 |
| Gambar 3.15 <i>Themocouple</i> | 26 |
| Gambar 3.16 Data akuisisi (NI-DAQ) | 27 |
| Gambar 3.17 <i>Thermostat</i> | 27 |
| Gambar 4.1 Skema ORC pada alat uji | 32 |
| Gambar 4.2 Karakteristik fluida kerja R11 p = 1.5 bar | 34 |

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 η eksergi – *temperature output* turbin pada R134a 58



DAFTAR NOTASI

P : pressure (bar)

V : volume (m^3)

Q : kalor (joule)

W : kerja ((kW)

η_{ex} : efisiensi eksergi (kJ/kg)

Ex_{out} : eksergi *out* (kJ/kg)

Ex_{in} : eksergi *in* (kJ/kg)

W_t : *Mechanical Power Turbin* (kW)

\dot{m} : *mass flow* (kg/s)

h_{out} ; *enthalpy out turbin* (kJ/kg)

h_e : *enthalpy spesifik lingkungan* (kJ/kg)

T_e : *temperature spesifik lingkungan* (K)

S_{out} : *entrophy out turbin* (kJ/kg.K)

S_e : *entrophy spesifik lingkungan* (kJ/kg.K)

h_{in} : *enthalpy in turbin* (kJ/kg)

S_{in} : *entrophy in turbin* (kJ/kg.K)

ρ : massa jenis (kg/m^3)