

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR EVAPORATOR TERHADAP *POWER*  
*OUTPUT* MENGGUNAKAN *SCROLL EXPANDER* PADA SISTEM  
*ORGANIC RANKINE CYCLE (ORC)***



**K2516024**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**November 2020**

**PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Exsan Sanjaya

NIM : K2516024

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi saya berjudul **“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR EVAPORATOR TERHADAP *POWER OUTPUT* MENGGUNAKAN *SCROLL-EXPANDER* PADA SISTEM *ORGANIC RANKINE CYCLE* (ORC) ”** ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Selain itu, sumber informasi yang dikutip dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila pada kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Surakarta, 5 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan



  
Exsan Sanjaya

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR EVAPORATOR TERHADAP  
POWER OUTPUT MENGGUNAKAN SCROLL EXPANDER PADA SISTEM  
ORGANIC RANKINE CYCLE (ORC)**

**Oleh:**

**EXSAN SANJAYA**

**K2516024**

**Skripsi**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mendapat gelar  
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN**

**UNIVERSITAS SEBELAS MARET**

**SURAKARTA**

**November 2020**

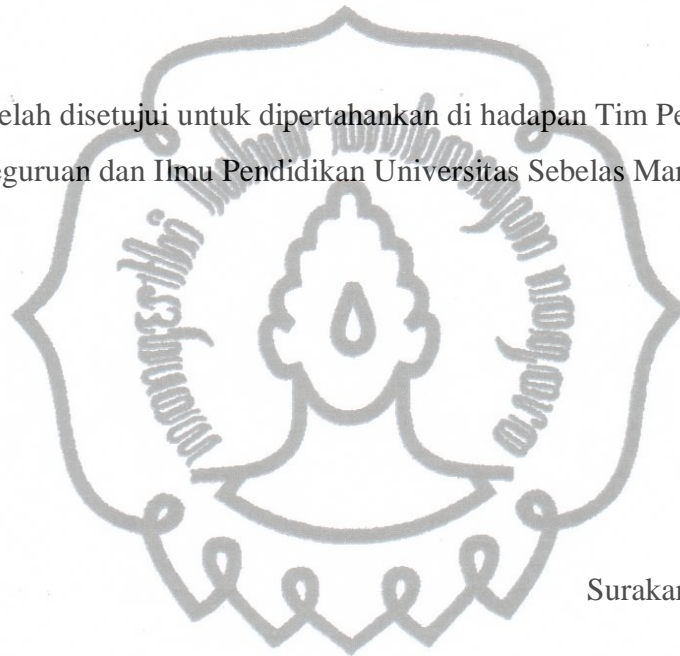
## PERSETUJUAN

Nama : Exsan Sanjaya

NIM : K2516024

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Temperatur Evaporator Terhadap *Power Output*  
Menggunakan *Scroll-Expander* pada Sistem *Organic Rankine Cycle*  
(ORC)

Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.



Surakarta, 5 Oktober 2020

Dosen Pembimbing I

Ir. Husin Bugis, M.Si.  
NIP 195810031988111001

Dosen Pembimbing II


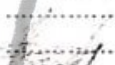
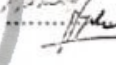
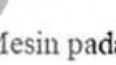
Dr.Eng. Nugroho Agung P., M.Eng.  
NIP. 198112302012121002

## HALAMAN PENGESAHAN

Nama : Exsan Sanjaya  
 NIM : K2516024  
 Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Temperatur Evaporator Terhadap *Power Output* Menggunakan *Scroll Expander* pada Sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC)

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta pada hari Jum'at, 27 November 2020 dengan hasil LULUS dan revisi 2 (dua) bulan.

Persetujuan hasil revisi oleh Tim Penguji :

	Nama Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua :	Danar Susilo Wijayanto, S.T., M.Eng		08/01/2021
Sekretaris :	Valiant Lukad Perdana Sutrisno, S.Pd., M.Pd		08/01/2021
Anggota I :	Ir. Husin Bugis, M.Si		5/1/2021
Anggota II :	Dr. Eng. Nugroho Agung Pambudi, M.Eng		30/12/2020

Skripsi disahkan oleh Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin pada:

Hari : Senin

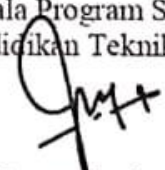
Tanggal : 11 Januari 2021

Mengesahkan,

Kepala Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
 Universitas Sebelas Maret

Kepala Program Studi  
 Pendidikan Teknik Mesin



  
 Dr. Yuyun Estriyanto, S.T., M.T  
 NIP. 197801132002121009

## ABSTRAK

Exsan Sanjaya. **PENGARUH VARIASI TEMPERATUR EVAPORATOR TERHADAP *POWER OUTPUT* MENGGUNAKAN *SCROLL-EXPANDER* PADA SISTEM *ORGANIC RANKINE CYCLE* (ORC).** Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta. Oktober 2020.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh variasi temperatur evaporator terhadap entalpi dan efisiensi energi serta mengetahui *power output* pada sistem ORC dengan menggunakan *scroll-expander*.

Energi panas bumi adalah salah satu sumber daya energi baru terbarukan yang bersumber dari panas yang didorong dari inti bumi. Penggunaan sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC) merupakan sebuah sistem yang berguna untuk meningkatkan pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan yang memanfaatkan energi panas bumi. Pada eksperimen ini, fluida kerja R134a diuji pada *prototype* sistem ORC dengan memvariasikan temperatur evaporator. Pengujian dilaksanakan pada variasi temperatur evaporator di temperatur 90 °C, 100 °C, 110 °C, 120 °C dan 130 °C, frekuensi motor 15 Hz, serta tekanan mula fluida kerja sebesar 5 bar, untuk mencari nilai entalpi menggunakan *software engineering equation solver* (EES). Teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi komparatif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perubahan pada entalpi, laju perpindahan panas pada evaporator, dan *power output*. Hal ini disebabkan temperatur pada evaporator yang divariasikan sehingga menyebabkan tekanan dan temperatur bertambah, sehingga berpengaruh pada efisiensi energi yang diperoleh. Efisiensi energi tertinggi terdapat pada temperatur evaporator 130 °C sebesar 37,27 %. *Power output* sebesar 340,17 watt dihasilkan pada temperatur evaporator 130 °C dengan selisih tekanan awal pengisian yaitu 3,12 bar.

**Kata kunci:** energi panas bumi, *organic rankine cycle*, *scroll-expander*, efisiensi energi



## ABSTRACT

Exsan Sanjaya. **EFFECT OF EVAPORATOR TEMPERATURE VARIATION ON POWER OUTPUT USING SCROLL-EXPANDER ON SYSTEM ORGANIC RANKINE CYCLE (ORC)**. Thesis. Teacher Training and Education Faculty, Sebelas Maret University Surakarta. October 2020.

The purpose of this study is to analyze the effect of variations in temperature of the evaporator on enthalpy and energy efficiency and to determine the power output of the ORC system using a *scroll-expander*.

Geothermal energy is a new and renewable energy resource that comes from heat that is pushed from the earth's core. The use of the Organic Rankine Cycle (ORC) system is a system that is useful for increasing the utilization of New and Renewable Energy that utilizes geothermal energy. In this experiment, the working fluid R134a was tested on a *prototype* ORC system by varying the evaporator temperature. The tests were carried out at variations in the evaporator temperature at temperatures of 90 °C, 100 °C, 110 °C, 120 °C and 130 °C, the motor frequency was 15 Hz, and the initial working fluid pressure was 5 bar, To find enthalpy value using *software engineering equation solver* (EES). The data analysis technique used is descriptive quantitative with a comparative study approach.

The results showed that there were changes in enthalpy, heat transfer rate in the evaporator, and *power output*. This is because the temperature in the evaporator is varied causing the pressure and temperature to increase, thus affecting the energy efficiency obtained. The highest energy efficiency is found at the evaporator temperature of 130 °C of 37.27%. And a *power output* of 340.17 watts is generated at an evaporator temperature of 130 °C with the difference in initial charging pressure of 3.12 bar.

**Keywords:** *geothermal power plant, organic rankine cycle, scroll-expander, energy efficiency*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan berkah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dalam masa waktu yang telah ditentukan. Pada halaman persembahan ini, saya ingin mempersembahkan skripsi saya untuk:

1. Keluarga yang terdiri dari Suparmanto (Bapak), Sukarti (Ibu) serta Ahmad Ariful Firdaus, Ahyar Fauzi, Nikmah Al Khusnaini (kakak) dan Alfi Atun Rosidah, Nevil Khusnul Khotimah, Gea Erlita Qurota Aini (Adik) yang telah memberikan dukungan secara moril dan materiil serta senantiasa mendoakan kelancaran saya dalam menyelesaikan kuliah.
2. Keluarga besar Resimen Mahasiswa UNS, PGP XXXII yang telah menjadi teman seperjuangan dalam mencari pengalaman dan ilmu di luar kuliah
3. Miftah Hijriawan yang telah menjadi mentor dalam proses perancangan sampai akhir pembuatan mesin ORC
4. Tim ORC; Santiko wibowo dan Anisa Larasati serta Tim ESL lainnya
5. Teman-teman Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP UNS 2016.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan taufik, hidayah, dan inayah-Nya. Atas kehendak-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“PENGARUH VARIASI TEMPERATUR EVAPORATOR TERHADAP *POWER OUTPUT* MENGGUNAKAN *SCROLL-EXPANDER* PADA SISTEM *ORGANIC RANKINE CYCLE (ORC)*”** dengan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Kepala Program Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Ir. Husin Bugis, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini
4. Dr. Eng. Nugroho Agung Pambudi, M. Eng., selaku Pembimbing II, yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini
5. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan peneliti. Meskipun demikian, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu.

Surakarta, Oktober 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
HALAMAN PENGAJUAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN .....	v
HALAMAN ABSTRAK .....	vi
HALAMAN ABSTRACT .....	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Pembatasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERFIKIR DAN HIPOTESIS .....	6
A. Kajian Pustaka .....	6
1. Perkembangan dan Pemanfaatan EBT .....	6
2. Pengaplikasian Sistem ORC di Dunia .....	9
3. Evaporator .....	13
4. <i>Expander</i> pada Sistem ORC .....	15
5. Analisis Daya, dan Efisiensi Energi pada Sistem ORC .....	17

C. Kerangka Berpikir .....	18
D. Hipotesis.....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
B. Teknik Pengumpulan Data.....	21
C. Alat dan Bahan .....	22
1. Alat Penelitian .....	22
2. Bahan Penelitian .....	27
D. Langkah Kerja Penelitian .....	27
1. Persiapan Mesin ORC .....	27
2. Pengujian mesin ORC .....	27
E. Teknik Analisis Data .....	28
F. Prosedur Penelitian .....	28
1. Alur Penelitian .....	28
2. Studi Literatur .....	29
3. Pelaksanaan Penelitian dan Pengumpulan Data.....	29
G. Analisis Data .....	31
H. Kesimpulan .....	31
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
A. Pembuatan Mesin ORC.....	32
B. Hasil Penelitian.....	33
1. Deskripsi Data.....	33
2. Perubahan laju Aliran Massa .....	34
3. Perubahan Entalpi .....	35
4. Perbandingan Efisiensi Energi.....	37
C. Pembahasan.....	37
1. Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Nilai Entalpi .....	37
2. Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Efisiensi Energi .....	38
3. Pengaruh Variasi Temperatur terhadap <i>Power Output</i> .....	40
<b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI dan SARAN .....</b>	<b>42</b>
A. Simpulan .....	42

B. Implikasi.....42  
C. Saran .....43  
DAFTAR PUSTAKA .....49  
LAMPIRAN .....54



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Diagram Kerja Sistem ORC .....	3
2.1 Konsumsi Energi Secara Global .....	7
2.2 Biaya Untuk Pengembangan EBT untuk Menjadi Listrik dalam Kurun Waktu 2010-2015.....	8
2.3 Potensi Panas Bumi di Dunia pada Tahun 2016.....	9
2.4 Diagram Sederhana Siklus Rankin Ideal.....	9
2.5 Skema Sederhana Siklus ORC.....	12
2.6 Tipe Evaporator <i>Shell and Tube</i> Menggunakan Air Bertemperatur Tinggi sebagai Sumber Panas.....	14
2.7 Tipe Evaporator <i>Shell and Tube</i> Menggunakan Gas yang Bertemperatur Tinggi sebagai Sumber Panas .....	14
2.8 Tipe Evaporator <i>Plate</i> .....	15
2.9 Klasifikasi <i>Expander</i> Sistem ORC.....	16
2.10 Skema Kerja <i>Scroll-Expander</i> .....	17
2.11 Kerangka Berpikir.....	19
3.1 Skema Kerja Mesin ORC.....	23
3.2 <i>Manifold</i> .....	24
3.3 Arduino MEGA 2560 R3 CH 340 .....	24
3.4 <i>Pressure Censor</i> .....	25
3.5 <i>Thermocouple Type K Bayonet</i> .....	25
3.6 <i>Flowmeter Censor</i> .....	26
3.7 <i>Dimmer AC</i> .....	26
3.8 <i>Inverter</i> .....	26
3.9 Refrigeran R-134a.....	27
3.10 Prosedur Penelitian .....	29
4.1 Mesin ORC .....	32
4.2 Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Nilai Entalpi .....	38

4.3 Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Efisiensi Energi .....	39
4.4 Pengaruh Variasi Temperatur terhadap Laju Perpindahan Kalor .....	39
4.5 Pengaruh Variasi Temperatur terhadap <i>Power Output</i> .....	40





## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1 Potensi Panas Bumi di Dunia.....	2
2.1 Klasifikasi ORC Menurut Kapasitasnya .....	10
2.2 Sifat Fisik Refrigeran R-134a .....	13
4.1 Hasil Pengujian Fluida R-134a pada Sistem ORC Dengan <i>Scroll Expander</i> .....	33
4.2 Laju Aliran Massa Fluida Kerja R-134a .....	34
4.3 Entalpi pada Temperatur Evaporator 90 °c.....	35
4.4 Entalpi pada Temperatur Evaporator 100 °c.....	35
4.5 Entalpi pada Temperatur Evaporator 110 °c.....	36
4.6 Entalpi pada Temperatur Evaporator 120 °c.....	36
4.7 Entalpi pada Temperatur Evaporator 130 °c.....	36
4.8 Efisiensi Energi Fluida Kerja R-134a pada Mesin ORC Menggunakan <i>Scroll Expander</i> .....	37

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Hasil Pengamatan Pengujian Fluida Kerja R-134a.....	54
Lampiran 2. Format Perumusan dan Perhitungan Menggunakan <i>Software EES</i> .	55
Lampiran 3. Surat Permohonan Ijin Skripsi .....	56
Lampiran 4. Surat Permohonan Ijin Penelitian Fakultas.....	57
Lampiran 5. Surat Permohonan Ijin Penelitian Laboratorium.....	58
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian.....	59



*commit to user*