

HEAT RECOVERY SYSTEM IN VEHICLE: TEMPERATURE AND POWER  
ANALYSIS

ZULHANIFF BIN AZARI

Laporan ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknikal Malaysia Melaka

JUN 2012

## PENGESAHAN PENYELIA

“Saya akui bahawa telah membaca laporan ini dan pada pandangan saya laporan ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan ijazah

Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Automotif).”

Tandatangan : .....

Penyelia : Dr. Musthafah Bin Tahir

Tarikh : 30 Mei 2012

## **PENGAKUAN**

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya telah jelas sumbernya”

Tandatangan : .....

Penulis : Zulhaniff Bin Azari

Tarikh : 30 Jun 2012

## **DEDIKASI**

Khas buat

Ibu dan Ayah tersayang

Keluarga dan adik beradik

Dan juga

Kawan-kawan

## PENGHARGAAN

Pertama sekali saya ingin melafazkan kesyukuran saya kepada Yang Maha Pencipta ALLAH S.W.T. kerana masih lagi memberikan saya peluang untuk bernyawa dan kekutan dan kesempatan untuk menyiapkan projek ini. Saya ingin memberikan setinggi penghargaan kepada kedua ibu bapa saya kerana memberikan galakkan dan semangat yang berpanjangan kepada saya. Tanpa sokongan daripada mereka, sudah tentu saya tidak akan berjaya siapkan projek ini dengan penuh semangat

Setinggi-tinggi penghargaan juga kepada penyelia saya kerana telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar pada saya dalam menyiapkan projek ini. Beliau telah banyak berkorban untuk saya dalam pelbagai jenis bantuan bagi memudahkan kerja saya. Tanpa beliau mungkin saya tidak dapat menyiapkan projek ini dengan jayanya.

Tidak dilupakan juga kepada pensyarah-pensyarah lain dan juruteknik-juruteknik bengkel yang telah banyak membantu saya dengan memberi tunjuk ajar pada saya

selama ini. Dan akhir sekali kepada semua kawan-kawan saya yang disayangi yang telah banyak memberikan bantuan sepanjang menjalankan projek ini.

## ABSTRACT

As we all know, students are required to implement a form of project or research involving a certain scope in their respective fields of study in order to fulfill one of the requirements of the course selected. This project which is compulsory for the final year students of Faculty of Mechanical Engineering known as Bachelor's Degree Project. For the author PSM, the title of the project is Heat Recovery System in Vehicle: Temperature and Power Analysis that is being supervised under Dr. Musthafah Bin Mohd Tahir. This project is mainly about analysis the temperature and power that can be produced with heat recovery system in vehicle. The Organic Rankine Cycle System will be applied to the radiator on the vehicle in order to obtain power from it. Studying, researching, applying, enabling changing, and analyzing are some of the processes in implementing the project. The temperature from radiator will be taken in order to find hot source and cold source for the Organic Rankine Cycle System. The difference in temperature will be the complement of the cycle in obtaining the power. The problem is on applying the system to the vehicle with such minimal space at the front of the vehicle. While another problem is to get the best temperature difference from the heat source and cold source from the radiator in order to get the highest power.

## ABSTRAK

Seperti yang kita tahu, para pelajar adalah diperlukan untuk melaksanakan satu bentuk projek atau penyelidikan yang melibatkan skop tertentu dalam bidang pengajian masing-masing untuk memenuhi salah satu keperluan dalam kursus yang dipilih. Projek ini yang diwajibkan kepada semua pelajar tahun akhir bagi Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dikenali sebagai Projek Sarjana Muda (PSM). Bagi pengarang PSM, tajuk projek yang dipilih ialah Sistem Pemulihan Haba Dalam Kenderaan: Analisis Suhu Dan Kuasa yang diselia oleh Dr. Musthafah Bin Mohd Tahir. Projek ini adalah sebahagian besarnya mengenai analisa suhu dan kuasa yang dapat dihasilkan melalui Sistem Pemulihan Haba dalam kenderaan. Sistem Kitaran Organik Rankine akan digunakan pada radiator dalam kenderaan untuk mendapatkan kuasa daripadanya. Mengkaji, menyelidik, mengaplikasikan, membolehkan, dan menganalisa adalah sebahagian daripada proses dalam melaksanakan projek ini. Suhu daripada radiator akan diambil dalam usaha mencari sumber panas dan sumber sejuk untuk Sistem Kitaran Organik Rankine. Perbezaan suhu akan menjadi pelengkap dalam kitaran ini dalam mendapatkan kuasa. Masalah yang dihadapi adalah untuk mengaplikasikan sistem ini pada kenderaan yang mempunyai ruang yang sempit pada bahagian depan kenderaan. Masalah lain pula adalah untuk mendapatkan perbezaan daripada sumber panas dan sumber sejuk daripada radiator untuk mendapatkan kuasa yang paling tinggi.



## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	i
	<b>DEDIKASI</b>	ii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iii-iv
	<b>ABSTRACT</b>	v
	<b>ABSTRAK</b>	vi
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	vii – ix
	<b>SENARAI JADUAL</b>	x
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xi-xii
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xiii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xiv
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	1
	1.1 Latar Belakang	1-2
	1.2 Objektif	2
	1.3 Skop	3
	1.4 Pernyataan Masalah	3-4
	1.5 Organisasi Akhir Projek	4-6
<b>2</b>	<b>KAJIAN ILMIAH</b>	7

	2.1	Teori Sistem Kitaran Organik Rankine	7
	2.1.1	Sistem Kitaran Rankine	8
	2.1.2	William Rankine	8
	2.1.3	Sistem Kitaran Organik Rankine	8-10
	2.2	Persamaan Teori untuk Sistem Kitaran Organik Rankine	11-14
	2.3	Haba Buangan	14-15
<b>3</b>		<b>METODOLOGI</b>	16
	3.1	Pengenalan	16-17
	3.2	Keperluan Projek	17
	3.3	Carta Aliran Proses Projek	18
	3.4	Rekabentuk Sistem	19
	3.4.1	Rekabentuk Sistem Kitaran	19
	3.4.2	Sistem Justifikasi Komponen	20-26
	3.4.3	Ruangan kosong untuk pemasangan Sistem Kitaran Organik Rankine	27
	3.5	Prosedur mengambil data daripada radiator	28
	3.5.1	Pemasangan Sistem (Penyejat)	29-31
	3.5.2	Pendawaian Litar	32-33
	3.5.3	Penggunaan Perisian	34
	3.5.3.1	Windaq Software	34-35
	3.5.3.2	REFPROP Software	35-36
	3.6	Prosedur Pengambilan Data	37
<b>4</b>		<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	38
	4.1	Keputusan Dan Perbincangan	38
	4.1.1	Keadaan 1 : 1 Minit Selepas Enjin Dihidupkan	38-40
	4.1.2	Keadaan 1 : 10 Minit Selepas Enjin	40-41

	Dihidupkan	
	4.1.3 Keadaan 3 : 15 Minit Selepas Enjin Dihidupkan	42-43
	4.1.4 Keadaan 4 : 20 Minit Selepas Enjin Dihidupkan Dan Kipas Radiator Berpusing	44-45
	4.1.5 Keadaan 5 : 15 Minit Selepas Enjin Dihidupkan Dengan Kadar Pengaliran Penyejuk Yang Rendah	46-47
	4.1.6 Perbandingan Pada 5 Keadaan Yang Berbeza	48
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	49
	5.1 Kesimpulan	49-50
	5.2 Cadangan	50
<b>6</b>	<b>RUJUKAN</b>	51-55
<b>7</b>	<b>LAMPIRAN</b>	56-63

## SENARAI JADUAL

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
3.4.2	Sifat-sifat termodinamik beberapa bendalir kerja	26
4.1.6	Perbandingan pada 5 keadaan yang berbeza	48

## SENARAI RAJAH

<b>BIL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1.3	Kitaran Organik Rankine	9
2.1.3	Komponen-komponen dalam Sistem Kitaran Organik Rankine	10
2.2	Gambar rajah Kitaran Organik Rankine	11
2.3	Molekul Organik	15
3.3	Carta Aliran Proses Projek	18
3.4.1	Rekabentuk Sistem Kitaran Organik Rankine	19
3.4.2	Contoh pam bendalir diafragma yang akan digunakan	21
3.4.2	Pandagnan dalam pada pam bendalir diafragma	21
3.4.2	Penambah Skru Berkembar (Twin Screw Expander)	22
3.4.2	Plat penukar haba Brazed (Brazed Plate Heat Exchanger)	23
3.4.2	Diagram plat penukaran haba	24
3.4.2	Penyejuk R245fa (Refrigerant R245fa)	25
3.4.3	Ruangan kosong pada bahagian hadapan PROTON GEN-2	27

3.5	Sistem Kitaran Rankine	28
3.5.1	Pemasangan sistem (penyejat) pada radiator	29
3.5.2	Penyambungan litar	32
3.5.3.1	Windaq Software	34
3.5.3.2	REFPROP Software	35
4.1.1	Graf pada Keadaan 1	39
4.1.2	Graf pada Keadaan 2	40
4.1.3	Graf pada Keadaan 3	42
4.1.4	Graf pada Keadaan 4	44
4.1.5	Graf pada Keadaan 5	46

**SENARAI SIMBOL**

<b>SIMBOL</b>	<b>PENERANGAN</b>
°C	Darjah selsius
W	Kuasa (dalam unit Watt)
$m$	Kadar pengaliran bendalir
$h_1$	“enthalpy”
kJ/kg	Kilojoule per kilogram
MPa	Mega Pascal
$\rho$	Kepekatan (dalam unit $kg/m^3$ )

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
7.1	Carta Gantt PSM 1	56
7.2	Carta Gantt PSM 2	57
7.3	Ciri-ciri “Stainless Steel”	57-62
7.4	Perbezaan Besi Galvani Dan Besi “Stainless”	63



## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG**

Sejak berabad yang lalu, pertumbuhan ekonomi dunia yang menjimatkan telah meningkat secara mendadak. Dalam pembangunan perindustrian sekarang, peningkatan jumlah kenderaan di jalan raya dan penggandaan penggunaan sumber tenaga oleh peralatan domestik telah meningkatkan permintaan yang penting dan tinggi kepada sumber tenaga. Malangnya, permintaan ini kebanyakannya diliputi oleh penggunaan secara besar-besaran daripada bahan api, yang boleh menyebabkan banyak masalah persekitaran yang serius seperti pemanasan global dan pencemaran atmosfera. Teknologi penukaran tenaga baru adalah diperlukan dalam memastikan penghasilan elektrik tanpa menyebabkan pencemaran alam sekitar.

Disebabkan oleh kekangan alam sekitar, kepentingan dalam sistem pemulihan haba berkualiti rendah telah meningkat secara mendadak sejak beberapa dekad yang lepas. Beberapa jumlah penyelesaian yang baru yang penting telah dicadangkan dalam usaha untuk menjana elektrik daripada sumber-sumber yang bersuhu rendah. Penyelesaian tersebut dapat diaplikasikan dalam banyak bidang yang pelbagai seperti haba solar, sisa haba biologi, gas ekzos enjin, penjanaan kecil-kecilan, dan dandang domestik. Semua itu boleh menghasilkan jumlah tenaga yang kecil. Di antara penyelesaian yang telah dicadangkan, Sistem Kitaran Organik Rankine adalah yang paling banyak digunakan. Kelebihan utamanya ialah ia bersifat sederhana dan komponennya biasa didapati dengan mudah.

## 1.2 OBJEKTIF

Objektif utama bagi projek ini adalah untuk mendapatkan kuasa yang dapat dihasilkan daripada Sistem Pemulihan Haba pada kenderaan. Bagi mencapai objektif utama ini adalah dengan mencapai objektif sampingan ini iaitu:

- i. Merekacipta sistem pemulihan haba untuk kenderaan (PROTON GEN-2).
- ii. Menganalisa perbezaan suhu pada Sistem Pemulihan Haba ini
- iii. Mengukur jumlah tenaga yang paling tinggi yang dapat diperolehi daripada Sistem Pemulihan Haba ini.

### 1.3 SKOP

- i. Haba daripada radiator kenderaan digunakan dalam Sistem Pemulihan Haba ini.
- ii. Mengambil perbezaan suhu antara suhu panas dan suhu sejuk dalam pengaliran haba.
- iii. Mengukur kuasa yang dapat dihasilkan daripada perbezaan suhu pada radiator.
- iv. Mengaplikasikan dan memasang sistem ini pada bahagian hadapan kenderaan.

### 1.4 PERNYATAAN MASALAH

Sejak beberapa tahun yang lalu, penggunaan bahan api mentah yang pesat telah menimbulkan banyak masalah pencemaran alam sekitar yang serius seperti pemanasan global dan kesan rumah hijau. Selain itu, penggunaan bahan api mentah yang semakin meningkat akan mengurangkan lagi bekalan bahan api mentah seperti minyak dan gas asli untuk kita gunakan pada masa hadapan. Dalam mengurangkan masalah tenaga dunia dan takat pemanasan global, sumber tenaga yang boleh diperbaharui mesti digunakan bagi menggantikan penggunaan bahan api mentah.

Haba buangan adalah salah satu sumber tenaga yang boleh diperbaharui dan penggunaan tenaga yang boleh diperbaharui adalah sangat penting. Dalam industri di

seluruh dunia, sejumlah besar haba yang bersuhu rendah hilang dalam bentuk haba buangan. Di dalam kenderaan, sebanyak 70 % haba terbebas begitu sahaja secara sia-sia ketika pembakaran enjin dalaman. 40 % haba akan terbuang melalui ekzos kenderaan dan lagi 30 % akan terbuang melalui radiator. Maka dengan pengaplikasian Sistem Pemulihan Haba pada radiator kenderaan dapat mengitar semula haba yang terbuang secara sia-sia itu dan menggunakan ia semula sebagai sumber tenaga.

Pemasangan sistem ini pada kenderaan mempunyai masalah iaitu ruang pada bahagian hadapan kenderaan yang padat. Maka perancangan sistem ini harus dilakukan dengan memastikan ianya kecil dan padat agar dapat dimuatkan di bahagian hadapan kenderaan. Penggunaan bendalir dan alatan-alatan lain di dalam sistem yang sesuai, harus dititikberatkan bagi memastikan sistem ini berjalan dengan lancar dan dapat berfungsi seperti diharapkan. Bagi melengkapkan sistem ini adalah memerlukan perbezaan suhu iaitu sumber panas dan sumber sejuk dan perbezaan suhu yang sesuai harus dicari bagi menghasilkan kuasa atau tenaga elektrik yang paling tinggi.

Pemulihan haba yang terbuang haruslah dikitar semula daripada terbuang secara sia-sia. Pelbagai lagi alternatif lain harus diambil bagi memastikan penggunaan bahan api mentah dapat dikurangkan. Penggunaan sumber tenaga yang bersih dapat membantu kita untuk menjaga kebersihan udara bumi ini dan memastikan kesihatan penduduknya juga sentiasa terjamin.

## **1.5 ORGANISASI PROJEK AKHIR**

Laporan bagi Projek Sarjana Muda yang bertajuk Sistem Pemulihan Haba Dalam Kenderaan: Analisis Suhu Dan Kuasa ini dibahagikan kepada 5 bab:

## BAB 1 – PENGENALAN

Memperkenalkan para pembaca kepada latar belakang umum untuk kajian kes, objektif projek, skop projek, dan pernyataan masalah bagi projek ini.

## BAB 2 – KAJIAN ILMIAH

Bab ini mengandungi sebuah set kumpulan kajian ilmiah mengenai projek dan kajian yang telah dijalankan dengan merujuk kepada beberapa buku, jurnal, tesis, dan internet.

## BAB 3 – METODOLOGI

Bab ini pula terutamanya mengenai proses kemajuan projek di dalam carta aliran proses projek. Kandungan di dalam metodologi juga telah dimasukkan ke dalam proses pengumpulan data dan maklumat daripada kajian lepas, pengumpulan semula data, melukis dan mereka bentuk sistem yang dicadangkan, dan memproses dan menganalisa data yang diperolehi bagi mendapatkan keputusan akhir.

## BAB 4 – PERBINCANGAN

Di dalam bab ini, kandungan ini menunjukkan keputusan, lukisan dan dimensi sistem yang direka bentuk. Di dalam bab ini juga akan dibincangkan tentang keputusan yang telah dibuat dan justifikasinya.

## BAB 5 – KESIMPULAN

Akhir sekali, untuk bab 5 ini, kesimpulan dan cadangan akan dibuat dalam usaha untuk meningkatkan penyelidikan dan perkembangan yang telah dibuat untuk kajian lanjut pada masa hadapan.

## BAB 6 – RUJUKAN

Di dalam bab ini terdapat senarai-senarai rujukan yang telah digunakan yang diambil daripada buku-buku, jurnal-jurnal, dan laman web

## **BAB 2**

### **KAJIAN ILMIAH**

Di dalam bab ini, maklumat tentang teori mengenai Kitaran Organik Rankine, tentang Sistem Pemulihan Haba buangan, dan tentang komponen-komponen yang terdapat di dalam Sistem Kitaran Organik Rankine telah disediakan dan dipaparkan. Kesemua maklumat yang disediakan ini adalah keputusan daripada kajian ini yang telah dilakukan.

#### **2.1 TEORI SISTEM KITARAN ORGANIK RANKINE**

##### **2.1.1 Sistem Kitaran Rankine**

Kitaran Rankine ialah kitaran termodinamik yang menukarkan haba kepada kerja. Haba akan dibekalkan secara luaran kepada gelung tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai bendalir kerja. Kitaran Rankine yang berdasarkan air membekalkan lebih kurang 85 % daripada pengeluaran elektrik di seluruh pelusuk dunia.

### **2.1.2 William Rankine**

Kitaran Rankine dinamakan sempena seorang jurutera dan ahli fizik berwarga Scotland yang bernama William John Macquorn Rankine (5 Julai 1820 – 24 Desember 1872). Beliau merupakan salah seorang penyumbang sebagai pengasas kepada sains termodinamik. Rankine telah membangunkan sebuah teori yang lengkap mengenai enjin stim dan sememangnya untuk semua enjin haba. Manual beliau dalam sains kejuruteraan dan amalan telah digunakan untuk beberapa dekad selepas penyarannya pada tahun 1850an dan 1860an.

### **2.1.3 Sistem Kitaran Organik Rankine**

Kitaran Organik Rankine dinamakan untuk kegunaan organik, cecair berjisim molekul yang tinggi dengan fasa perubahan cecair-wap, atau takat didih, yang berlaku pada suhu yang lebih rendah daripada fasa perubahan wap air. Bendalir membolehkan kitaran pemulihan haba Rankine berfungsi daripada sumber-sumber suhu yang lebih rendah seperti pembakaran biomas, haba buangan industri, haba panas bumi, dan lain-lain. Haba bersuhu rendah ditukarkan kepada kerja yang berguna dan ianya akan ditukar untuk menjadi tenaga elektrik. Sebuah prototaip mula-mula dibangunkan dan