

**PERANCANGAN AWAL DAN MANUFAKTUR
THERMOELECTRIC GENERATOR MENGGUNAKAN
DUA BELAS MODUL *THERMOELECTRIC* UNTUK
APLIKASI KENDARAAN HIBRID**

SKRIPSI

Oleh

ARDIAN ROEKETTINO

04 04 02 008 8



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**PERANCANGAN AWAL DAN MANUFAKTUR
THERMOELECTRIC GENERATOR MENGGUNAKAN
DUA BELAS MODUL *THERMOELECTRIC* UNTUK
APLIKASI KENDARAAN HIBRID**

SKRIPSI

Oleh

ARDIAN ROEKETTINO

04 04 02 008 8



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**PERANCANGAN AWAL DAN MANUFAKTUR *THERMOELECTRIC*
GENERATOR MENGGUNAKAN DUA BELAS MODUL
THERMOELECTRIC UNTUK APLIKASI KENDARAAN HIBRID**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya. Penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan bersama Bayu Trianto dengan judul tugas akhir “Pengujian *Thermoelectric Generator* Menggunakan Dua Belas Modul *Thermoelectric* Untuk Aplikasi Kendaraan Hibrid” sehingga terdapat kata-kata atau kalimat yang sama.

Depok, 11 Juli 2008

Ardian Roekettino
NPM 04 04 02 008 8

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**PERANCANGAN AWAL DAN MANUFAKTUR *THERMOELECTRIC*
GENERATOR MENGGUNAKAN DUA BELAS MODUL
THERMOELECTRIC UNTUK APLIKASI KENDARAAN HIBRID**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 1 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 11 Juli 2008

Dosen Pembimbing

Dr-Ing.Ir. Nandy Putra

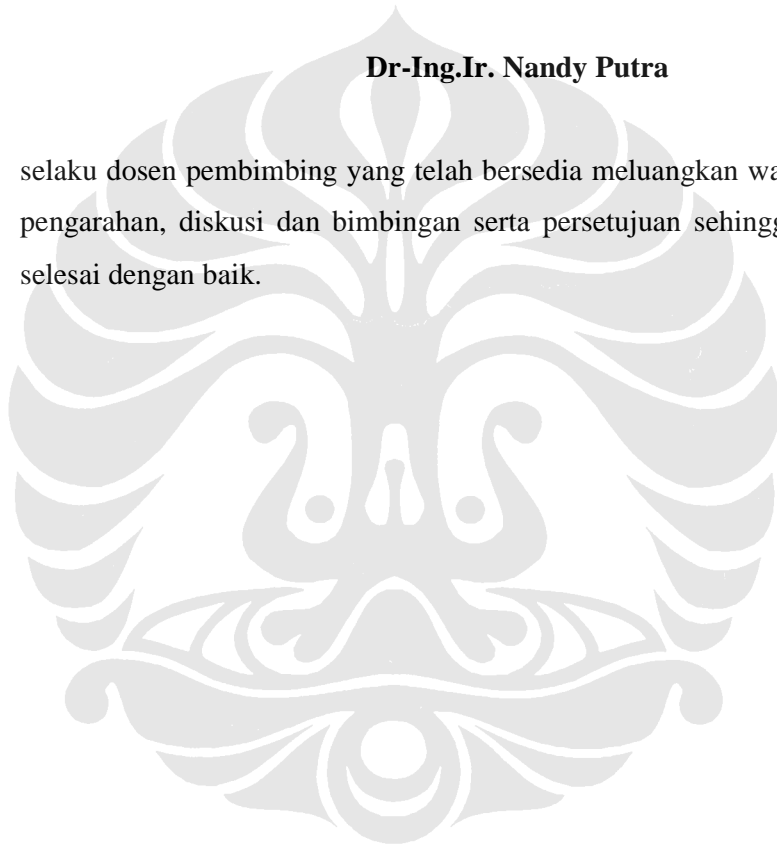
NIP 132 128 630

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr-Ing.Ir. Nandy Putra

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR ISTILAH / SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	5
1.3 TUJUAN PENELITIAN	6
1.4 PEMBatasan MASALAH	6
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	7
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	8
BAB II DASAR TEORI	9
2.1 SISTEM HIBRID	9
2.2 KONSEP TERMoeLEKTRIK	10
2.2.1 Dasar-dasar Termoelektrik	10

2.2.1.1 <i>Pembangkit Listrik Termoelektrik</i>	10
2.2.1.2 <i>Thermoelectric Heating and Cooling</i>	12
2.3 EFISIENSI MODUL TERMOELEKTRIK (ZT)	14
2.3.1 ZT Maksimum	16
2.3.2 Efisiensi, ZT dan Perbedaan Temperatur	17
2.3.3 Teori <i>Thermoelectric</i>	19
2.3.4 Modul <i>Thermoelectric</i>	20
2.3.5 <i>Thermoelectric effect</i>	23
2.3.5.1 <i>Efek Seebeck</i>	23
2.3.5.2 <i>Efek Peltier</i>	25
2.3.5.3 <i>Efek Thomson</i>	26
2.4 PERKEMBANGAN <i>THERMOELECTRIC GENERATOR</i>	27
2.5 PERPINDAHAN KALOR	32
2.5.1 Perpindahan Kalor Konduksi	32
2.5.2 Perpindahan Kalor Konveksi	34
2.5.3 Perpindahan Kalor Konveksi pada Fin	35
BAB III PERANCANGAN DAN MANUFAKTUR	37
3.1 KONSEP DISAIN	37
3.2 DISAIN ALAT	38
3.3 PEMILIHAN MATERIAL	39
3.4 KOMPONEN TAMBAHAN	40
3.5 PEMBUATAN ALAT	44
3.6 PROSEDUR PERAKITAN ALAT PENGUJIAN	47
3.7 SPESIFIKASI TEKNIS	51
BAB IV METODE PENGUJIAN	52
4.1 TUJUAN PENGUJIAN	52

4.2 INSTALASI ALAT PENGUJIAN	52
4.3 PROSEDUR PENGUJIAN	58
4.4 VARIASI PENGAMBILAN DATA PENGUJIAN	60
4.5 PROSEDUR PENGAMBILAN DATA PENGUJIAN	61
BAB V HASIL DAN ANALISA	62
5.1 ANALISA DISAIN	62
5.2 ANALISA HASIL MANUFAKTUR	64
5.3 ANALISA PERPINDAHAN KALOR KONVEKSI FIN	67
5.4 ANALISA PERPINDAHAN KALOR KONDUKSI BODI	71
5.5 ANALISA DAYA OUTPUT	74
5.6 ANALISA TEGANGAN OUTPUT	75
5.7 ANALISA ARUS OUTPUT	76
5.8 ANALISA PERBEDAAN TEMPERATUR	78
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	80
6.1 KESIMPULAN	80
6.2 SARAN	81
DAFTAR ACUAN	82
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN	86

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 (a) Skema Manifold Mobil Toyota Avanza 1.3 th.2006	4
Gambar 1.1 (b) Temperatur Manifold pada Beberapa Titik	4
Gambar 1.2 (a) Skema Manifold Motor Yamaha Vega-R 110cc 2006	4
Gambar 1.2 (b) Temperatur manifold pada Beberapa Titik	4
Gambar 2.1 Komponen Utama Mobil Hibrid	9
Gambar 2.2 Pembangkit Listrik Termoelektrik	11
Gambar 2.3 Seri Secara Listrik dan Pararel Secara Termal	12
Gambar 2.4 <i>Thermoelectric Cooling</i>	13
Gambar 2.5 Perbandingan Efisiensi Peltier dengan Pembangkit lain	15
Gambar 2.6 Efisiensi Sebagai Fungsi Temperatur	18
Gambar 2.7 Ilustrasi <i>Seebeck Effect</i> dan <i>Peltier Effect</i>	19
Gambar 2.8 ZT Untuk Modul Termoelektrik terhadap Temperatur	21
Gambar 2.9 Fenomena Efek <i>Seebeck</i>	24
Gambar 2.10 Efek Peltier	25
Gambar 2.11 Efek Thomson	26
Gambar 2.12 Konsep Thermoelectric Generator pada Mobil Hibrid	28
Gambar 2.13 Elemen Peltier	28
Gambar 2.14 Prinsip Kerja Thermoelectric Generator	29
Gambar 2.15 Modul Thermoelectric tipe H-Z	31
Gambar 2.16 Sejarah Perkembangan ZT dari Material	31
Gambar 2.17 Efisiensi Modul	32

Gambar 2.18 Perpindahan Kalor secara Konduksi	33
Gambar 2.19 Profil Fin	35
Gambar 3.1 Disain Alat <i>Thermoelectric Generator</i>	38
Gambar 3.2 Modul Peltier	39
Gambar 3.3 Bodi Alumunium	39
Gambar 3.4 <i>Rectangular Fin</i>	40
Gambar 3.5 Alat Penyangga	41
Gambar 3.6 <i>Heater</i>	41
Gambar 3.7 Display Arus dan Tegangan Output	42
Gambar 3.8 Kipas Angin	42
Gambar 3.9 <i>Hot Wire Anemometer</i>	42
Gambar 3.10 Timbangan Digital	43
Gambar 3.11 <i>Voltage Regulator AC</i>	43
Gambar 3.12 Termokopel Tipe-K	44
Gambar 3.13 Multimeter	44
Gambar 3.14 Perakitan Awal Alat Uji	47
Gambar 3.15 Alat Uji Telah Selesai Dirakit	47
Gambar 3.16 Pembungkusan Kabel Peltier	48
Gambar 3.17 Pasta Termal Dioleskan Pada Antarmuka Logam	49
Gambar 3.18 Pengolesan dan Penataan Peltier	49
Gambar 3.19 Tekanan yang Berlebihan Pada Modul Peltier (Bowling)	50
Gambar 3.20 Pemasangan Sekrup Pada Fin	50
Gambar 4.1 Kalibrasi Termokopel	53
Gambar 4.2 Pemasangan Termokopel Ke Alat Uji	54
Gambar 4.3 Pemasangan Kabel Peltier Ke Terminal	55
Gambar 4.4 Pemasangan Termokopel Ke Data Akuisisi	56

Gambar 4.5 Pemasangan Heater	56
Gambar 4.6 Pemasangan Kabel Ke Display Arus dan Tegangan	57
Gambar 4.7 Skema Instalasi Alat Uji	58
Gambar 5.1 Temperatur Sisi Panas	62
Gambar 5.2 Modul Peltier	63
Gambar 5.3 Temperatur <i>Heat Sink</i>	63
Gambar 5.4 Lubang Baut yang Mengalami Keausan	65
Gambar 5.5 Distribusi Temperatur Ditengah dan Dipinggir Bodi	66
Gambar 5.6 Profil titik pada fin untuk perhitungan nilai h	67
Gambar 5.7 Perbandingan Laju Perpindahan Kalor Konveksi	71
Gambar 5.8 Balok Dengan Silinder Ditengah-tengahnya	72
Gambar 5.9 Perbandingan Daya Output	74
Gambar 5.10 Perbandingan Tegangan Output	75
Gambar 5.11 Perbandingan Arus Output	78
Gambar 5.12 Perbandingan Perbedaan Temperatur	78

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1	Data Pengujian Dengan Variasi Tegangan <i>Heater</i> , Susunan <i>Peltier</i> , Dengan Fan
LAMPIRAN 2	Data Pengujian Dengan Variasi Tegangan <i>Heater</i> , Susunan <i>Peltier</i> , Tanpa Fan
LAMPIRAN 3	Data Pengujian Dengan Variasi Tegangan <i>Heater</i> , Susunan <i>Peltier</i> Seri-Paralel, dengan Fan
LAMPIRAN 4	Gambar Teknik <i>Thermoelectric Generator</i>

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Produksi, konsumsi, ekspor, impor minyak bumi per tahun	1
Tabel 1.2 Konsumsi Energi Indonesia	2
Tabel 2.1 Spesifikasi beberapa Thermoelectric Generator	13
Tabel 2.2 Properties Penting Untuk Modul Thermoelectric	20
Tabel 2.3 Koefisien <i>Seebeck</i>	25
Tabel 3.1 Spesifikasi Teknis Alat Uji	51
Tabel 4.1 Persamaan Kalibrasi Tiap <i>Channel</i>	53

DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Simbol	Arti	Satuan
A	Luas	m^2
c_p	Kalor spesifik pada tekanan konstan	J/kg.K
η_f	<i>Efisiensi fin</i>	-
η_o	Efisiensi keseluruhan fin	-
d	Diameter	m
h	Koefisien perpindahan kalor konveksi	W/m^2K
I	Arus Listrik	Amper
k	Konduktivitas termal	$W/m.K$
l/L	Panjang	m
m	Laju aliran massa	kg/s
P	Daya	W
q	Laju perpindahan kalor	W
Q	Laju aliran	m^3/s
r	Jari-jari	m
R	Hambatan listrik	Ohm
R_t	Hambatan termal total	$^{\circ}C/W$
t	Tebal	m
T	Temperatur	$^{\circ}C$
U	Koefisien perpindahan kalor keseluruhan	W/m^2K
u,v,w	Kecepatan fluida	m/s
V	Tegangan	Volt
x	Jarak	m
 Huruf Yunani		
α	Koefisien Seebeck	V/K
ρ	Densitas	kg/m^3

Subskrip

<i>alu</i>	Material alumunium
<i>c</i>	Sisi dingin peltier
<i>h</i>	Sisi panas peltier
<i>i</i>	Kondisi pada bagian luar
<i>in</i>	Daya input

