

**PENGUJIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR*
MENGUNAKAN DUA BELAS MODUL
THERMOELECTRIC UNTUK APLIKASI
KENDARAAN *HYBRID***

SKRIPSI

Oleh

BAYU TRIANTO

04 04 02 015 Y



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

**PENGUJIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR*
MENGUNAKAN DUA BELAS MODUL
THERMOELECTRIC UNTUK APLIKASI
KENDARAAN *HYBRID***

SKRIPSI

Oleh

BAYU TRIANTO

04 04 02 015 Y



**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 :

**PENGUJIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* MENGGUNAKAN DUA
BELAS MODUL *THERMOELECTRIC* UNTUK APLIKASI KENDARAN
*HYBRID***

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.

Depok, 7 Juli 2008

Bayu Trianto

NPM 04 04 02 015 Y

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**PENGUJIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* MENGGUNAKAN DUA
BELAS MODUL *THERMOELECTRIC* UNTUK APLIKASI KENDARAN
*HYBRID***

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, 7 Juli 2008
Dosen Pembimbing

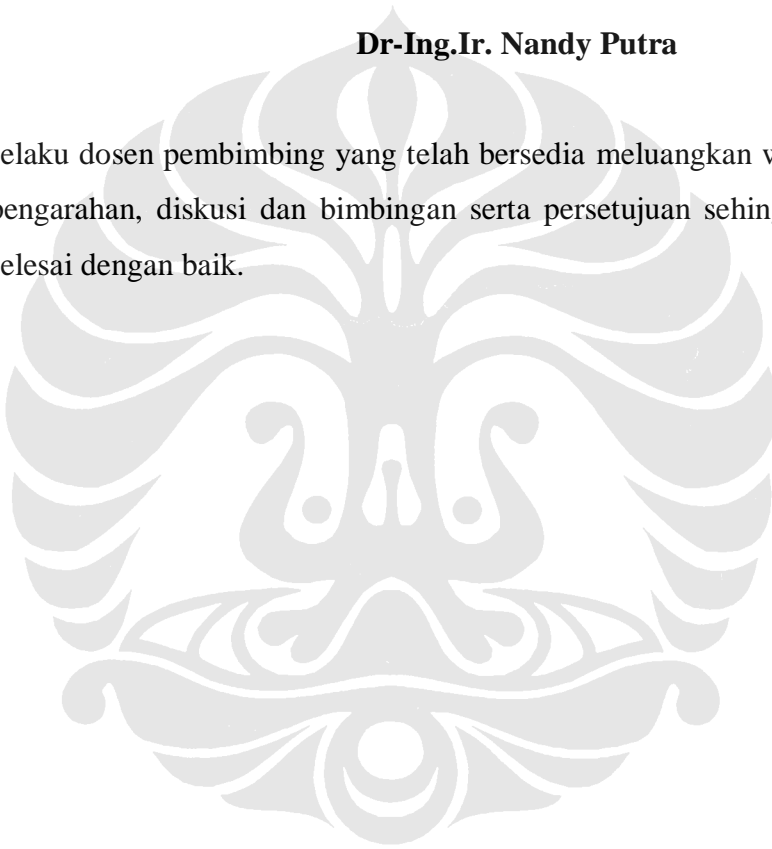
Dr-Ing.Ir. Nandy Putra
NIP 132 128 630

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 TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH / SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	4
1.3 TUJUAN PENELITIAN	5
1.4 PEMBatasan MASALAH	5
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	6
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 SISTEM <i>HYBRID</i>	8
2.1.1 Mesin Elektrik	9

2.1.2 Modus Pada Sistem <i>Hybrid</i>	10
2.1.2.1 <i>Konvensional Modus</i>	10
2.1.2.2 <i>Elektrik Modus</i>	11
2.1.2.3 <i>Boosten Modus</i>	11
2.1.2.4 <i>Energy Recovery Modus</i>	11
2.1.2.5 <i>Energy Saving Modus</i>	11
2.1.3 Tipe Sistem <i>Hybrid</i>	12
2.1.3.1 <i>Seriell-Hybrid</i>	12
2.1.3.2 <i>Paralell-Hybrid</i>	13
2.1.3.3 <i>Through The Road Hybrid</i>	13
2.1.3.4 <i>Powersplit-Hybrid</i>	14
2.2 DASAR <i>THERMOELECTRIC</i>	15
2.2.1 Teori <i>Thermoelectric</i>	15
2.2.2 Modul <i>Thermoelectric</i>	16
2.3 <i>THERMOELECTRIC GENERATOR</i>	19
2.3.1 Efisiensi <i>Thermoelectric Device</i>	20
2.3.2 Perkembangan <i>Thermoelectric Generator</i>	21
BAB III PENGUJIAN ALAT <i>THERMOELECTRIC GENERATOR</i>	25
3.1 INSTALASI ALAT PENGUJIAN	25
3.2 LANGKAH-LANGKAH PROSES PENGUJIAN YANG DILAUKAN	34
3.2.1 Langkah Proses Kalibrasi	34
3.2.2 Langkah Proses Pengujian	37
3.3 VARIASI PENGUJIAN	39
BAB IV HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN <i>THERMOELECTRIC GENERATOR</i>	42
4.1 HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN	42

4.2 PENGUJIAN DENGAN VARIASI TEGANGAN <i>INPUT HEATER</i> , SUSUNAN <i>PELTIER</i> , DENGAN <i>FAN</i>	42
4.2.1 Analisa Perbedaan Temperatur	43
4.2.2 Analisa Arus <i>Output</i>	44
4.2.3 Analisa Tegangan <i>Output</i>	45
4.2.4 Analisa Daya <i>Output</i>	47
4.3 PENGUJIAN DENGAN VARIASI TEGANGAN <i>INPUT HEATER</i> , SUSUNAN <i>PELTIER</i> , TANPA <i>FAN</i>	49
4.3.1 Analisa Perbedaan Temperatur	49
4.3.2 Analisa Arus Output	50
4.3.3 Analisa Tegangan Output	52
4.3.4 Analisa Daya Output	54
4.4 PENGUJIAN DENGAN VARIASI TEGANGAN <i>INPUT HEATER</i> , SUSUNAN <i>PELTIER SERI-PARALEL</i> , DENGAN <i>FAN</i>	54
4.4.1 Analisa Daya Output	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 KESIMPULAN	57
5.1 SARAN	58
DAFTAR ACUAN	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	61

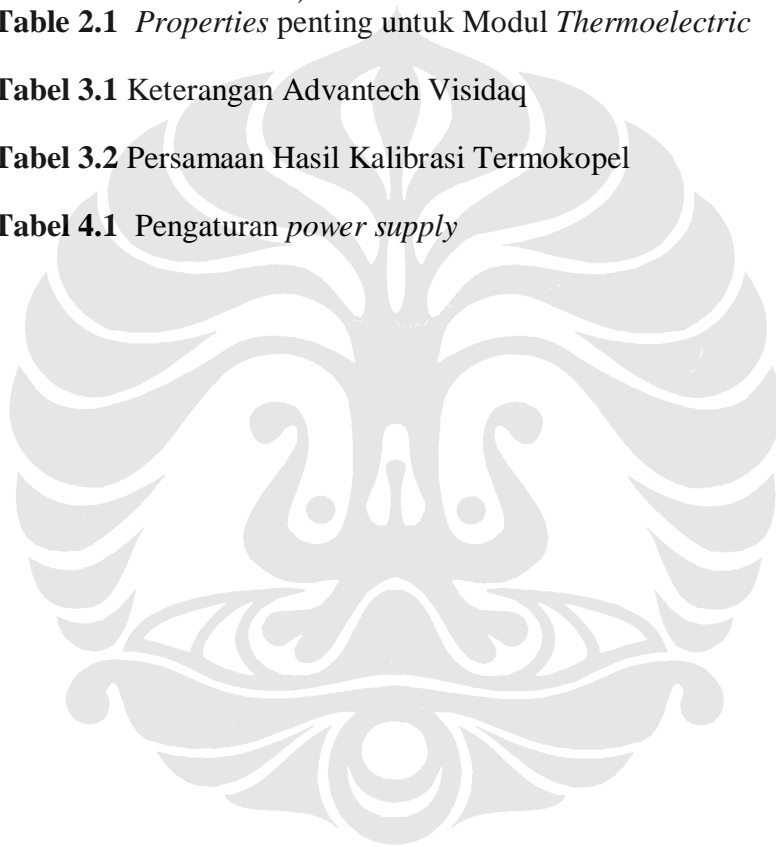
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Grafik Produksi, Konsumsi, Ekspor, Impor Minyak Bumi per Tahun (Barrel) Indonesia (data terakhir Maret 2008)	1
Gambar 1.2 (a) Skema <i>manifold</i> mesin mobil Toyota Avanza 1.3 Tahun 2006 (b) Temperatur <i>manifold</i> pada beberapa titik	3
Gambar 1.3 (a) Skema <i>manifold</i> sepeda motor Vega-R 110CC tahun 2006 (b) Temperatur <i>manifold</i> pada beberapa titik	4
Gambar 2.1 Komponen utama mobil <i>hybrid</i>	8
Gambar 2.2 (a) Ilustrasi gambar mesin elektrik (b) gambar mesin elektrtik	10
Gambar 2.3 Sistem <i>Seriell-Hybrid</i>	12
Gambar 2.4 Sistem <i>Paralell-Hybrid</i>	13
Gambar 2.5 Sistem <i>Through The Road-Hybrid</i>	13
Gambar 2.6 Sistem <i>Powersplit-Hybrid</i>	14
Gambar 2.7 Ilustrasi <i>Seebeck Effect</i> dan <i>Peltier Effect</i>	15
Gambar 2.8 ZT untuk modul <i>therrmoelectric</i> terhadap temperatur	17
Gambar 2.9 Perbandingan efisiensi <i>peltier</i> dengan pembangkit lainnya	20
Gambar 2.10 Konsep <i>thermoelectric generator</i>	21
Gambar 2.11 Elemen <i>peltier</i>	21
Gambar 2.12 Prinsip kerja <i>thermoelectric generator</i>	22
Gambar 2.13 <i>The Total Number of 127 Couple, 6 Amp Modules Required for a 12-volt, 1 Ampere Thermoelectric Power Generator</i>	24

Gambar 3.1 Skema instalasi alat penguji	25
Gambar 3.2 Instalasi alat penguji di Lab. <i>Heat Transfer</i> DTM FTUI	28
Gambar 3.3 (a) Termokopel tipe-K	29
(b) Pemasangan termokopel pada modul DAQ	
Gambar 3.4 Pemasangan termokopel pada pengujian	29
Gambar 3.5 Proses kalibrasi termokopel	30
Gambar 3.6 Data Akuisisi ADAM-4018+	31
Gambar 3.7 Tampilan <i>task designer</i> pada Advantech VisiDAQ	32
Gambar 3.8 Tampilan <i>display designer</i> pada Advantech Visidaq	33
Gambar 4.1 Grafik perbandingan dT dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , dengan <i>fan</i>	43
Gambar 4.2 Grafik perbandingan arus <i>output</i> dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , dengan <i>fan</i>	44
Gambar 4.3 Grafik perbandingan tegangan <i>output</i> dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , dengan <i>fan</i>	45
Gambar 4.4 Grafik perbandingan daya <i>output</i> dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , dengan <i>fan</i>	47
Gambar 4.5 Grafik perbandingan dT dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , tanpa <i>fan</i>	49
Gambar 4.6 Grafik perbandingan arus <i>output</i> dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , tanpa <i>fan</i>	50
Gambar 4.7 Grafik perbandingan tegangan <i>output</i> dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , dengan <i>fan</i>	52
Gambar 4.8 Grafik perbandingan daya <i>output</i> dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>peltier</i> , dengan <i>fan</i>	54
Gambar 4.9 Grafik perbandingan daya <i>output</i> dengan variasi tegangan <i>input heater</i> , susunan <i>seri-peltier</i> , dengan <i>fan</i>	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Konsumsi Bahan Bakar Minyak Per Sektor (data terakhir Maret 2008)	2
Table 2.1 <i>Properties</i> penting untuk Modul <i>Thermoelectric</i>	16
Tabel 3.1 Keterangan Advantech Visidaq	33
Tabel 3.2 Persamaan Hasil Kalibrasi Termokopel	36
Tabel 4.1 Pengaturan <i>power supply</i>	42



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Data Pengujian Dengan Variasi Tegangan *Heater*, Susunan *Peltier*, Dengan *Fan*
- Lampiran 2** Data Pengujian Dengan Variasi Tegangan *Heater*, Susunan *Peltier*, Tanpa *Fan*
- Lampiran 3** *Data Pengujian Dengan Variasi Tegangan Heater, Susunan Peltier Seri-Paralel, Dengan Fan*



DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
α	Koefisien Seebeck	V/K
k	Konduktivitas termal	W/m.K
ρ	Electrical resistivity	Ω -cm
Z	Figure of merit	1/K
ZT	Bilangan tak berdimensi figure of merit	-
n_{couple}	Jumlah kopel tiap modul peltier	-
A	Luas	m^2
G	Faktor geometeri TEG	m
V_{oc}	Tegangan rangkaian terbuka	Volt
K_{mod}	Konduktivitas termal modul	W/cm.K
R	Hambatan listrik	Ohm
R_{mod}	Hambatan dalam modul	Ohm
R_{load}	Hambatan listrik beban	Ohm
T	Temperatur	$^{\circ}\text{C}$
T_c	Temperatur sisi dingin peltier	$^{\circ}\text{C}$
T_h	Temperatur sisi panas peltier	$^{\circ}\text{C}$
P	Daya	Watt
P_{gen}	Daya yang dibangkitkan	Watt
η_{TE}	Efisiensi termal	%