

**SKRIPSI**

**ANALISIS KINERJA PENGGUNAAN *HEAT PIPE* UNTUK  
MENINGKATKAN KINERJA *THERMOELECTRIC*  
*GENERATOR* PADA APLIKASI DI MOBIL NIAGA**



**Zavi Indasyach Moreno**

**1520620014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2024**

**ANALISIS KINERJA PENGGUNAAN *HEAT PIPE* UNTUK  
MENINGKATKAN KINERJA *THERMOELECTRIC GENERATOR*  
PADA APLIKASI DI MOBIL NIAGA**

**Zavi Indasyach Moreno**

**Dosen Pembimbing Dr. Ragil Sukarno, M.T. dan Dr. Darwin Rio Budi  
Syaka, S.T., M.T.**

**ABSTRAK**

Perkembangan penggunaan mobil di Indonesia cukup tinggi, salah satunya penggunaan mobil *pick up* atau mobil niaga. Namun, masih banyak mobil *pick up* di Indonesia masih banyak yang tidak disediakannya *air conditioner* (AC). Hal ini dikarenakan penggunaan AC pada mobil *pick up* dapat menimbulkan RPM pada mobil lebih tinggi dan menyebabkan kendaraan menjadi lebih boros bahan bakar. Mobil *pick up* atau mobil niaga menghasilkan limbah panas berkisar antara 30-40% dari proses pembakaran mesin. Limbah panas ini dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi listrik dengan menggunakan alat yaitu *thermoelectric generator* (TEG). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan beberapa model konstruksi TEG dalam menghasilkan energi listrik dengan variasi temperatur yaitu 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, dan 180°C. Perancangan konstruksi TEG dengan variasi sistem pendingin menggunakan *heatsink*, *heat pipe*, dan *heat pipe* ditambah kipas. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa penyebaran panas yang dihasilkan *heater* berpengaruh dalam menghasilkan tren kenaikan temperatur antara struktur knalpot, sisi panas TEG, dan sisi dingin TEG yang cenderung sama. Rata-rata daya listrik terbesar dihasilkan oleh jenis konstruksi 4 (K4) dengan daya listrik terbesar pada temperatur 180°C sebesar 0.72 Watt, hal ini dipengaruhi oleh tegangan, arus listrik, dan beda temperatur yang dihasilkan konstruksi 4 (K4) juga lebih besar dibanding dengan konstruksi lain. Hasil uji anova dapat menyatakan bahwa variasi konstruksi dan variasi temperatur berpengaruh dalam menghasilkan daya listrik karena nilai  $F$  dari kedua variasi tersebut lebih besar dari nilai  $F_{crit}$  yang didapat.

**Kata kunci:** energi terbarukan, panas buang, *thermoelectric generator*, *heat pipe*

**PERFORMANCE ANALYSIS OF THE USE OF HEAT PIPES TO  
IMPROVE THE PERFORMANCE OF THERMOELECTRIC  
GENERATORS IN COMMERCIAL CAR APPLICATIONS**

**Zavi Indasyach Moreno**

**Dr. Ragil Sukarno, M.T. dan Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T., M.T.**

**ABSTRACT**

The development of car use in Indonesia is quite high, one of which is the use of pick-up cars or commercial cars. However, there are still many pick-up cars in Indonesia that are not provided with air conditioners (AC). This is because the use of air conditioning in pick up cars can cause higher RPM in the car and cause the vehicle to be more fuel-intensive. Pick up cars or commercial cars produce waste heat ranging from 30-40% of the engine combustion process. This waste heat can be utilized as a source of electrical energy by using a tool, namely a thermoelectric generator (TEG). This study aims to compare several TEG construction models in producing electrical energy with temperature variations, namely 100°C, 120°C, 140°C, 160°C, and 180°C. TEG construction design with cooling system variations using heatsink, heat pipe, and heat pipe plus fan. Based on the test results, it is found that the heat distribution generated by the heater is influential in producing a trend of temperature increase between the exhaust structure, the hot side of the TEG, and the cold side of the TEG which tends to be the same. The largest average electrical power is produced by construction type 4 (K4) with the largest electrical power at a temperature of 180°C of 0.72 Watt, this is influenced by the voltage, electric current, and temperature difference produced by construction 4 (K4) is also greater than other constructions. The results of the anova test can state that construction variations and temperature variations have an effect in producing electrical power because the F value of the two variations is greater than the crit F value obtained.

**Keywords:** renewable energy, exhaust heat, thermoelectric generator, heat pipe

## LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Analisis Kinerja Penggunaan *Heat Pipe* Untuk  
Meningkatkan Kinerja *Thermoelectric Generator* Pada  
Aplikasi di Mobil Niaga  
Penyusun : Zavi Indasyach Moreno  
NIM : 1520620014

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001



Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T., M.T.

NIP. 197604222006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Analisis Kinerja Penggunaan *Heat Pipe* Untuk Meningkatkan Kinerja *Thermoelectric Generator* Pada Aplikasi di Mobil Niaga  
Penyusun : Zavi Indasyach Moreno  
NIM : 1520620014  
Tanggal Ujian : Jum'at, 12 Juli 2024

### Disetujui oleh:

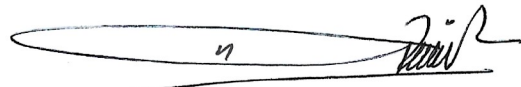
Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Ragil Sukarno, M.T.

NIP. 197911022012121001



Dr. Darwin Rio Budi Syaka, S.T., M.T.

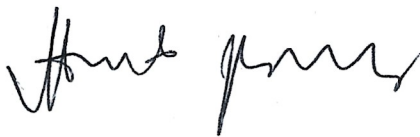
NIP. 197604222006041001

### Pengesahan Panitia Ujian Skripsi

Ketua Penguji,

Anggota Penguji I,

Anggota Penguji II,



Dr. Eng. Agung Premono, M.T.

NIP. 197705012001121002



Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T.

NIP. 197602052006041001



Dr. Iman Basori, M.T.

NIP. 197906072008121003

Mengatahui,  
Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ragil Sukarno, M.T.  
NIP. 197911022012121001

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 24 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Zavi Indasyach Moreno

No. Reg. 1520620014



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://lib.unj.ac.id)

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Zavi Indasyach Moreno  
NIM : 1520620014  
Fakultas/Prodi : Teknik / Teknik Mesin  
Alamat email : zaviindasyach@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi     Tesis     Disertasi     Lain-lain (... ..)

yang berjudul :

“Analisis Kinerja Penggunaan *Heat Pipe* Untuk Meningkatkan Kinerja *Thermoelectric* Generator Pada Aplikasi di Mobil Niaga”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 25 Juli 2024

Penulis

(Zavi Indasyach Moreno)

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik dan sesuai tenggat waktu. Laporan proposal skrip ini disusun guna memenuhi syarat untuk mengerjakan skripsi pada Program Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantun dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ragil Sukarno, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta dalam memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan bantuan secara materil yang sangat membantu bagi penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Darwin Rio Budi Syaka, M.T. selaku Dosen Pembimbing II, Koordinator Tugas Akhir, dan Dosen Pembimbing Akademik dalam memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat membantu bagi penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Seluruh Dosen dan Staf Program Studi S1 Teknik Mesin yang telah memberi ilmu dan membantu penulis dalam pelaksanaan kuliah di Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Boin, Bapak Sumardi, Bapak Minadi, Bapak Dani, dan Bapak Dayat serta seluruh teknisi laboran Teknik Mesin lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya dalam penyediaan ruangan dan alat-alat bagi kelancaran penelitian ini.
5. Kedua Orang Tua khususnya Ibu Indah Nurprihatin yang selalu memberikan motivasi, dukungan, materil serta do'a yang tiada hentinya agar Penulis dapat melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi dengan baik.
6. Kedua kakak kandung, Reza dan Revida yang telah memberi dukungan,



motivasi, dan dukungan secara materil kepada Penulis dalam kelancaran penyusunan skripsi ini.

7. Bapak Agus selaku Om Penulis yang telah banyak meminjamkan alat dalam melaksanakan penelitian ini.
8. Keluarga besar yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan selama perkuliahan selama ini.
9. Ridha atas segala bantuan dan motivasi dalam kelancaran penelitian dan penyusunan skripsi ini.
10. Hilman Adrian dan Muhammad Rafael atas diskusi dan kesediaan dalam tukar pikiran demi kelancaran penelitian dan penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman Program Studi S1 Teknik Mesin khususnya angkatan 2020 yang senantiasa mendukung dan menemani Penulis selama berkuliah di Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam menyelesaikan laporan proposal skripsi ini. Oleh karena itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Penulis berharap semoga laporan proposal skripsi ini dapat memberikan masukan yang bermanfaat bagi penulis dan para pembaca serta teman-teman mahasiswa pada khususnya.

Jakarta, 24 Juli 2024

Penyusun,

(Zavi Indasyach Moreno)

## DAFTAR ISI

<b>ANALISIS KINERJA PENGGUNAAN <i>HEAT PIPE</i> UNTUK MENINGKATKAN KINERJA <i>THERMOELECTRIC GENERATOR</i> PADA APLIKASI DI MOBIL NIAGA.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Efisiensi Motor Bakar.....	7
2.2 Panas Buang Knalpot Mobil.....	8
2.3 <i>Thermoelectric Generator</i> .....	9
2.4 Dasar Perpindahan Panas.....	10
2.4.1 Konduksi.....	11
2.4.2 Konveksi.....	11
2.4.3 Radiasi.....	11
2.5 Kinerja Laju Perpindahan Panas.....	12
2.6 <i>Heat Pipe</i> .....	12

2.6.1	<i>Vapor Chamber (VC)</i> .....	13
2.6.2	<i>Variable Conductance Heat Pipe (VCHP)</i> .....	14
2.6.3	<i>Rotating Heat Pipe (RHP)</i> .....	15
2.6.4	<i>Loop Heat Pipe (LHP)</i> .....	16
2.6.5	<i>Thermosyphon</i> .....	16
2.6.6	<i>Oscilating Heat Pipe (OHP)</i> .....	17
2.7	Uji Statistik Anova.....	18
2.8	Penelitian Sebelumnya.....	19
2.9	Kerangka Berpikir.....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		<b>23</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	23
3.1.1	Tempat Pelaksanaan Penelitian .....	23
3.1.2	Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	23
3.2	Alat dan Bahan.....	24
3.3	Diagram Alir Penelitian .....	26
3.4	Gambar Desain TEG.....	27
3.5	Matriks Penelitian .....	35
3.6	Skematik Alat .....	36
3.7	Prosedur Penelitian .....	37
3.8	Analisis Data Hasil Penelitian .....	38
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....		<b>40</b>
4.1	Profil Temperatur.....	41
4.2	Hasil Penelitian .....	44
4.3	Analisis Statistik Uji Anova .....	50
<b>BAB V PENUTUPAN</b> .....		<b>52</b>
5.1.	Kesimpulan .....	52
5.2.	Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		<b>54</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....		<b>58</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....		<b>62</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konstruksi TEG Peneliti Sebelumnya .....	19
Tabel 3.1 Rincian Waktu Penelitian.....	23
Tabel 3.2 Matriks Penelitian .....	35
Tabel 3.3 Variasi Penelitian Pada Setiap Konstruksi.....	35
Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian (a) K1 (b) K2 (c) K3 (d) K4.....	48
Tabel 4.2 Hasil Uji Anova Terhadap Beda Temperatur .....	50
Tabel 4.3 Hasil Uji Anova Terhadap Daya Listrik .....	51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus 2 Langkah dan Siklus 4 Langkah .....	7
Gambar 2.2 Pembagian Energi Hasil Pembakaran Bahan Bakar .....	8
Gambar 2.3 Diagram Perangkat <i>Thermoelectric</i> .....	10
Gambar 2.4 Prinsip Kerja <i>Heat Pipe</i> .....	13
Gambar 2.5 Struktur dan Prinsip Kerja <i>Vapor Chamber</i> dengan (a) <i>axial</i> dan (b) <i>radial</i> perpindahan panas .....	14
Gambar 2.6 Prinsip Kerja VCHP berdasarkan (a) <i>Cold case</i> dan (b) <i>Hot case</i> .....	15
Gambar 2.7 Skematik dari <i>Rotating Heat Pipe</i> .....	15
Gambar 2.8 <i>Loop Heat Pipe</i> (LHP) .....	16
Gambar 2.9 Prinsip Kerja <i>Thermosyphon</i> .....	17
Gambar 2.10 <i>Oscilating Heat Pipe</i> (OHP) .....	17
Gambar 2.11 Tabel Anova Satu Arah .....	18
Gambar 2.12 Tabel Anova Dua Arah .....	18
Gambar 2.13 Kerangka Berpikir .....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	26
Gambar 3.2 Desain TEG Konstruksi 1 (K1).....	27
Gambar 3.3 TEG Konstruksi 1 (a) Sisi Depan (b) Sisi Atas (c) Sisi Samping .....	28
Gambar 3.4 Desain TEG Konstruksi 2 (K2).....	29
Gambar 3.5 TEG Konstruksi 2 (a) Sisi Depan (b) Sisi Atas (c) Sisi Samping .....	30
Gambar 3.6 Desain TEG Konstruksi 3 (K3).....	31
Gambar 3.7 TEG Konstruksi 3 (a) Sisi Depan (b) Sisi Atas (c) Sisi Samping .....	32
Gambar 3.8 Desain TEG Konstruksi 4 (K4).....	33
Gambar 3.9 TEG Konstruksi 4 (a) Sisi Depan (b) Sisi Atas (c) Sisi Samping .....	34
Gambar 3.10 Skematik Alat Penelitian (a) Skematik Desain (b) Skematik Langsung .....	36
Gambar 3.11 Titik Pemasangan Termokopel.....	36
Gambar 4.1 Profil Temperatur K1 .....	41
Gambar 4.2 Profil Temperatur K2` .....	42
Gambar 4.3 Profil Temperatur K3 .....	43
Gambar 4.4 Profil Temperatur K4 .....	44
Gambar 4.5 Perbandingan Hasil Beda Temperatur.....	45

Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Tegangan Listrik .....	46
Gambar 4.7 Perbandingan Hasil Arus Listrik .....	46
Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Daya Listrik .....	47



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Set Up</i> Alat Konstruksi 1 (6 TEG+ <i>Heatsink</i> ).....	58
Lampiran 2 <i>Set Up</i> Alat Konstruksi 2 (6 TEG+ <i>Heat pipe</i> + <i>Heatsink</i> ).....	58
Lampiran 3 <i>Set Up</i> Alat Konstruksi 3 (12 TEG+ <i>Heat pipe</i> + <i>Heatsink</i> ).....	58
Lampiran 4 <i>Set Up</i> Alat Konstruksi 4 (12 TEG+ <i>Heat pipe</i> + <i>Heatsink</i> +Kipas).....	59
Lampiran 5 Proses <i>Setting</i> Alat.....	59
Lampiran 6 Proses Pengambilan Data.....	59
Lampiran 7 Tampilan Pengukuran Temperatur.....	60
Lampiran 8 Tampilan Pengukuran Energi Listrik.....	60
Lampiran 9 Gambar Detail Struktur Knalpot.....	61

