TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA *BOOST CONVERTER* BERBASIS *PULSE WIDTH MODULATION* (PWM) PADA TERMOELECTRIC GENERATOR

OLEH:

ISAK ALWI
220214040

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA TORAJA

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Nama	:	ISAK ALWI
Stambuk	:	220214040
Program Studi	:	TEKNIK ELEKTRO
Judul	:	ANALISIS KINERJA *BOOST CONVERTER* BERBASIS *PULSE WIDTH MODULATION* (PWM) PADA TERMOELECTRIC GENERATOR

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Dr. Ir. Martina Pineng, S.T., M.T.
NIDN.0901078502

Pembimbing II

Ir. Nofrianto Pasae, S.T., M.T.
NIDN.0912119002

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Nitha, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.
NIDN.0902117802

Ketua Prodi Teknik Elektro

Ariyen Duri', S.Pd., M.T
NUPTK.1734777678230102

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja. Telah diseminarkan pada hari Rabu, 19 Agustus 2026.

Nama : ISAK ALWI

NIM : 220214040

Judul : ANALISIS KINERJA *BOOST CONVERTER* BERBASIS *PULSE WIDTH MODULATION* (PWM) PADA TERMOELECTRIC GENERATOR

Dengan susunan dosen pembimbing dan penguji seminar sebagai berikut :

Dosen Pembimbing

1. Dr.Ir. Martina Pineng, S.T., M.T (.....)
2. Ir. Nofrianto Pasae, S.T., M.T (.....)

Dosen Penguji

1. Ir. Yusri Ambabunga,S.T., M.T (.....)
2. Lantana D. Rumpa, S.Kom., M.T (.....)
3. Ariyen Duri', S.Pd., M.T (.....)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini tidak terdapat karya yang telah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali di terbitkan secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Rantepao, 10 Juli 2026

Isak Alwi

ABSTRAK

Thermoelectric Generator (TEG) merupakan teknologi yang mampu mengubah energi panas menjadi energi listrik berdasarkan *Efek Seebeck*, namun memiliki permasalahan berupa tegangan keluaran yang rendah dan tidak stabil akibat perubahan perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin sehingga belum mampu memenuhi kebutuhan beban elektronik secara optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja *Boost Converter* berbasis *Pulse Width Modulation* (PWM) dalam meningkatkan dan menstabilkan tegangan keluaran *Thermoelectric Generator*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan merancang dan menguji sistem *Thermoelectric Generator* yang dihubungkan dengan *Boost Converter* berbasis PWM menggunakan IC TL494. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi temperatur sisi panas sebesar 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, dan 150°C, sedangkan temperatur sisi dingin dijaga konstan pada 10°C. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan keluaran TEG, tegangan *keluaran Boost Converter*, arus masukan dan keluaran, *duty cycle* PWM, daya masukan, daya keluaran, efisiensi, dan *ripple* tegangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan selisih temperatur meningkatkan kinerja sistem, ditunjukkan dengan kenaikan tegangan keluaran TEG dari 5,728 V menjadi 9,826 V dan tegangan keluaran *Boost Converter* dari 6,762 V menjadi 13,73 V. Daya keluaran sistem meningkat dari 3,25 W menjadi 15,05 W dengan efisiensi *Boost Converter* yang meningkat dari 67,30% menjadi 95,84%, sedangkan nilai ripple tegangan meningkat dari 0,219 V menjadi 0,552 V namun masih berada dalam batas operasi yang stabil. Dengan demikian, *Boost Converter* berbasis PWM terbukti mampu meningkatkan tegangan keluaran dan efisiensi konversi daya sehingga dapat mengoptimalkan pemanfaatan *Thermoelectric Generator* sebagai sumber energi listrik alternatif.

Kata kunci: *Thermoelectric Generator*, Boost Converter, *Pulse Width Modulation* (PWM)

ABSTRACT

Thermoelectric Generator (TEG) is a technology capable of converting heat energy into electrical energy based on the Seebeck effect; however, it suffers from low and unstable output voltage due to variations in the temperature difference between the hot and cold sides, making it unable to optimally supply electronic loads. Therefore, this study aims to analyze the performance of a Pulse Width Modulation (PWM)-based Boost Converter in increasing and stabilizing the output voltage of a Thermoelectric Generator. The research employed an experimental method by designing and testing a Thermoelectric Generator system connected to a PWM-based Boost Converter using the TL494 IC. Tests were conducted by varying the hot-side temperature at 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, and 150°C, while maintaining the cold-side temperature constant at 10°C. The parameters analyzed included TEG output voltage, Boost Converter output voltage, input and output currents, PWM duty cycle, input power, output power, efficiency, and voltage ripple. The results showed that increasing the temperature difference improved system performance, indicated by an increase in TEG output voltage from 5.728 V to 9.826 V and Boost Converter output voltage from 6.762 V to 13.73 V. The system output power increased from 3.25 W to 15.05 W, while the Boost Converter efficiency increased from 67.30% to 95.84%. Meanwhile, the voltage ripple increased from 0.219 V to 0.552 V but remained within a stable operating range. Thus, the PWM-based Boost Converter has proven capable of increasing output voltage and power conversion efficiency, thereby optimizing the utilization of Thermoelectric Generators as an alternative electrical energy source.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Analisis Kinerja *Boost Converter* Berbasis *Pulse Width Modulation* (PWM) Pada *Termoelectric Generator*" dengan tepat waktu. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Penulis menyadari bahwa sepenuhnya skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena menyadari segala keterbatasan yang ada, untuk itu dengan sempurnanya skripsi ini penulis sangat membutuhkan dukungan dan sumbangsih pikiran berupa kritik dan saran yang bersifat membangun.

Dengan tersusunnya skripsi ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus Kristus yang selalu ada dalam setiap perjalanan hidup dan memberi kesehatan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Kedua orangtua saya, Thomas Tampang dan Sarina yang telah memberikan dukungannya baik secara materi maupun kasih sayang serta doa yang tiada hentinya.
3. Ibu Dr. Ir. Martina Pineng, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran kepada penulis dengan sabar sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

4. Bapak Ir. Nofrianto Pasae, S.T., M.T sebagai dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu membimbing, mengarahkan, dan memberikan saran kepada penulis dengan sabar sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Saudara saya ruslan, meri,rahel,asa dan enjel yang telah memberikan dukungan dan doa yang tiada hentinya.
6. Buat seluruh teman angkatan 2020 Teknik Elektro yang tidak dapat ku sebut namanya satu per satu terimakasih atas cerita suka dukanya selama proses perkuliahan.
7. Terakhir, kepada perempuan sederhana dengan senyuman yang indah, Marlina Kondo, S.M yang kehadirannya begitu berarti sekaligus menjadi *support system* terbaik bagi penulis. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama proses perkuliahan yang telah memberikan banyak kontribusi dalam proses penyusunan skripsi ini, baik dalam bentuk tenaga, waktu, maupun nasihat. Terima kasih juga karena selalu menjadi penyemangat dan penghibur di saat penulis mengalami kesedihan, yang senantiasa mendengarkan setiap keluh kesah, serta selalu meyakinkan penulis untuk tidak menyerah dan terus berusaha hingga akhirnya penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.

Rantepao, 10 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL ..... **ii**
LEMBAR PENGESAHAN ..... Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN ..... Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
KATA PENGANTAR ..... **viii**
DAFTAR ISI ..... **ix**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR **11**
NOMENKLATUR **13**
BAB I PENDAHULUAN ..... Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.2 Rumusan Masalah ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.3 Tujuan Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.4 Batasan Masalah ..... **Error! Bookmark not defined.**
1.5 Manfaat Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... Error! Bookmark not defined.
2.1 *Thermoelectric Generator* (TEG) ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2 Efisiensi TEG ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.3 *Boost Converter* ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.4 *Pulse Width Modulation* (PWM) ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.5 Dasar Konversi Energi Dc-Dc ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.6 Energi Terbarukan ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.7 Penelitian Terkait ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.8 Kerangka Pikir ..... **Error! Bookmark not defined.**
BAB III METODOLOGI PENELITIAN ..... Error! Bookmark not defined.
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.2 Alat dan Bahan ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.3 Variabel dan Desain Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4 Layout Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.5 Metode Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.6 Prosedur Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.7 Tahap Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Penelitian ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.2 Analisis Data ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.3 Data Hasil perhitungan ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.4 Grafik dan Pembahasan ..... **Error! Bookmark not defined.**
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN ..... Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.2 Saran ..... **Error! Bookmark not defined.**
DAFTAR PUSTAKA ..... Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait 13

Tabel 3.1 Matriks data *Buck Converter* Berbasis PWM pada *Thermoelectric Generator* 24

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran *Thermoelectric Generator* (TEG) terhadap Variasi Temperatur Sisi Panas 30

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kuat Arus Masukan (I_{in}) *Thermoelectric Generator* terhadap Variasi Temperatur Sisi Panas 31

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran *duty cycle* PWM terhadap Variasi Temperatur Sisi Panas 31

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran (Vout) *Boost converter* terhadap Variasi Temperatur Sisi Panas 32

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Kuat Arus Keluaran (Iout) *Boost converter* terhadap Variasi Temperatur Sisi Panas 33

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Kuat Arus Masukan (I_{in}) *Boost converter* terhadap Variasi Temperatur Sisi Panas 34

Tabel 4.7 Hasil pengukuran *ripple* (Mv) *Boost converter* terhadap Variasi Temperatur Sisi Panas 35

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian *Boost converter* Berbasis PWM pada TEG 46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur TEG.....7

Gambar 2.2 *Boost converter* DC-DC.....9

Gambar 2.3 **TLI494 PWM Controller Module.....11**

Gambar 2.4 Kerangka Pikir.....15

Gambar 3.1 Multimeter Digital UNI-T UT60BT**.....16**

Gambar 3.2 Osiloskop.....17

Gambar 3.3 *Termometer* Digital / *Thermocouple*.....17

Gambar 3.4 Avo Meter 17

Gambar 3.5 ***Breadboard* atau PCB.....18**

Gambar 3.6 *Power Supply* DC.....18

Gambar 3.7 Kabel Jumber, Probe dan Konektor 19

Gambar 3.8 Solder 19

Gambar 3.9 *Thermoelectric Generator* (TEG) 22

Gambar 3.10 Rangkaian Penelitian.....23

Gambar 3.11 Tahap Penelitian.....27

Gambar 4.1 Proses pengambilan data pada temperatur sisi panas (Th) 110°C 28

Gambar 4.2 Proses pengambilan data pada temperatur sisi panas (Th) 120°C 28

Gambar 4.3 Proses pengambilan data pada temperatur sisi panas (Th) 130°C 29

Gambar 4.4 Proses pengambilan data pada temperatur sisi panas (Th) 140°C 29

Gambar 4.5 Proses pengambilan data pada temperatur sisi panas (Th) 150°C 29

Gambar 4.6 Proses pengambilan data pada temperatur sisi dingin (Tc) 10°C 29

Gambar 4.7 Grafik Hubungan Selisih Temperatur (ΔT) terhadap Tegangan *Input* TEG (VTEG) dan Tegangan *Output Boost converter* (Vo) 47
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Selisih Temperatur (ΔT) terhadap Daya *Input Thermoelectric Generator* (P_{in}) 49
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Selisih Temperatur (ΔT) terhadap Efisiensi *Boost converter* (η) 50
Gambar L.1 Modul TEG 57
Gambar L.2 Proses Merangkai TEG ke Rangkaian seri 57
Gambar L.3 Proses Merangkai TEG Temperatur Sisi Dingin Ke Rangkaian Seri....58
Gambar L.4 Proses Merangkai TEG Temperatur Sisi Panas Ke Rangkaian Seri.....58
Gambar L.5 Proses Pengeleman TEG ke Plat Logam 59
Gambar L.6 Proses Pemasangan *Water Block* ke TEG.....59
Gambar L.7 Proses Pemasangan Pipa Pompa ke *Water Block* 60
Gambar L.8 Proses Penyambungan Pipa ke Pompa Celup.....60
Gambar L.9 Proses Merangkai *Boost Conventer* 61
Gambar L.10 Proses Merangkai PWM 61
Gambar L.11 Proses Menyambungkan *Boost Converter* ke PWM 62
Gambar L.12 Hasil Rangkaian TEG, *Boost Conventer* dan PWM 62
Gambar L.13 Proses Pemanasan TEG Menggunakan Sumber Energi Panas dari Api 63
Gambar L.14 Proses Pengujian Data 64
Gambar L.15 Proses Pengambilan Data.....66

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
C	Kapasitor	F
D	*Duty cycle* PWM	%
f	*Frekuensi switching* PWM	Hz
I_{in}	Arus masukan *Boost Converter*	A
I_{out}	Arus keluaran *Boost Converter*	A
L	Induktor	H
P_{in}	Daya masukan	W
P_{out}	Daya keluaran	W
R	Hambatan (beban)	Ω
TC	Temperatur sisi dingin	°C
TH	Temperatur sisi panas	°C
V_{in}	Tegangan masukan *Boost Converter*	V
V_{out}	Tegangan keluaran *Boost Converter*	V
Vr	*Ripple* tegangan	V
VTEG	Tegangan keluaran *Thermoelectric Generator*	V
ΔT	Selisih temperatur	°C
α	Koefisien *Seebeck*	V/K
η	Efisiensi konversi daya	%