



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA**

**PENGAPLIKASIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR*  
(TEG) PADA KOMPOR GAS MENGGUNAKAN DC/DC  
BOOST KONVERTER DENGAN KONTROL MPPT  
*INCREMENTAL CONDUCTANCE (INC)***

**Doni Krismantoro**

**NIM 1612222**

**Dosen Pembimbing**

**Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT**

**Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Nasional Malang**

**Juli 2020**



**Institut Teknologi Nasional Malang**

**SKRIPSI – TEKNIK ELEKTRONIKA**

**PENGAPLIKASIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR*  
(TEG) PADA KOMPOR GAS MENGGUNAKAN DC/DC  
BOOST KONVERTER DENGAN KONTROL MPPT  
*INCREMENTAL CONDUCTANCE (INC)***

**Doni Krismantoro  
NIM 1612222**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT.  
Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Juli 2020**

**PENGAPLIKASIAN THERMOELECTRIC GENERATOR  
(TEG) PADA KOMPOR GAS MENGGUNAKAN DC/DC  
BOOST KONVERTER DENGAN KONTROL MPPT  
INCREMENTAL CONDUCTANCE (INC)**

**SKRIPSI**

**Doni Krismaninggoro  
NIM 1612222**

Diajukan Kepada Menenuhi Sebagai Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada  
Program Studi Teknik Elektro S-1  
Peminatan Elektronika  
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Aryanto Soetedjo, ST., MT  
NIP. Y. 1030800417

Dr. Yudi Limprapto, ST., MT  
NIP. Y. 1039500074

Mengetahui :  
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT  
NIP.P. 1030100361

MALANG  
Agustus, 2020

## ABSTRAK

### **PENGAPLIKASIAN *THERMOELECTRIC GENERATOR* (TEG) PADA KOMPOR GAS MENGGUNAKAN DC/DC BOOST KONVERTER DENGAN KONTROL MPPT *INCREMENTAL CONDUCTANCE* (INC)**

**DONI KRISMANTORO, NIM : 1612222**

**Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT**

**Dosen Pembimbing II : Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT**

Banyak sekali potensi energi baru dan terbarukan yang dapat dimanfaatkan masyarakat Indonesia, mulai dari energi surya, biomassa, energi angin, air, panas bumi dan energi lainnya (ESDM, 2016). Energi tersebut tentunya sangat berpotensi apabila dimanfaatkan. Disamping itu, terdapat juga energi buangan atau limbah berupa energi panas yang dihasilkan mesin, dan kegiatan sehari-hari yang menghasilkan limbah panas hingga saat ini belum dimanfaatkan. Dengan memanfaatkan energi buangan (waste energy) berupa panas akan dirubah menjadi listrik melalui perbedaan suhu oleh elemen termoelektrik. Generator ini juga merupakan energi baru terbarukan yang akan menghasilkan energi ramah lingkungan serta dapat menambah energi yang sudah ada saat ini.

Untuk mendukung hal tersebut akan dilakukan penelitian terkait efisiensi daya untuk generator termoelektrik dengan metode Maximum Power Point Tracker (MPPT) Incremental Conductance (InC) agar generator termoelektrik dapat bekerja pada titik daya maksimumnya, sehingga transfer daya ke beban dapat dimaksimalkan. Dengan menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler (implementasi algoritma MPPT), DC/DC Boost Converter sebagai converter pada beban, Sensor INA219 untuk mendeteksi tegangan dan arus, kemudian data out akan ditampilkan pada LCD. Pada penelitian menggunakan TEC-12706 yang dirangkai secara seri dan paralel sehingga mampu menghasilkan tegangan 10,11V pada  $\Delta T$  35,5°C tanpa beban. Perbandingan ketika dengan MPPT dan tanpa menggunakan MPPT sangat signifikan karena mosfet tidak bekerja untuk switch dan juga losses power pada konverter.

**Kata Kunci :** Thermoelectric Generator, MPPT, Arduino Uno, DC/DC Boost Converter, Sensor INA219, LCD, Thermocouple MAX6675.

## ABSTRACT

### **APPLICATION OF THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG) IN GAS STOVES USING DC / DC BOOST CONVERTER WITH MPPT INCREMENTAL CONDUCTANCE (INC) CONTROL**

**DONI KRISMANTORO, NIM : 1612222**

**Supervisor I : Dr. Eng. Aryunto Soetedjo, ST., MT**

**Supervisor II : Dr. F. Yudi Limpraptono, ST., MT**

There is a lot of potential for new and renewable energy that can be utilized by Indonesian people, ranging from solar energy, biomass, wind energy, water, geothermal energy and other energy (ESDM, 2016). The energy is certainly very potential if utilized. In addition, there is also waste energy or waste in the form of heat energy generated by the machine, and daily activities that produce waste heat so far have not been utilized. By utilizing waste energy (waste energy) in the form of heat will be converted into electricity through temperature differences by thermoelectric elements. This generator is also a new renewable energy that will produce environmentally friendly energy and can add to the energy that already exists today.

To support this, research will be conducted related to power efficiency for thermoelectric generators with the Maximum Power Point Tracker (MPPT) Incremental Conductance (InC) method so that the thermoelectric generator can work at its maximum power point, so that the transfer of power to the load can be maximized. By using Arduino Uno as a microcontroller (MPPT algorithm implementation), DC / DC Boost Converter as a converter on the load, INA219 Sensor to detect voltage and current, then the data out will be displayed on the LCD. In the study using TEC-12706 arranged in series and parallel so as to produce a voltage of 10.11V at  $\Delta T$  35.5 ° C without load. Comparison when with MPPT and without using MPPT is very significant because mosfet does not work for the switch and also the power losses in the converter

**Keyword :** Thermoelectric Generator, MPPT, Arduino Uno, DC/DC Boost Converter, Sensor INA219, LCD, Thermocouple MAX6675.

## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini.

Sebagai pihak penyusun, penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha. Laporan ini tidak dapat terselesaikan dengan baik, jika tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Selaku penyusun mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua atas dukungan dan doa yang selalu dipanjatkan serta rekan Prodi Teknik Elektro ITN Malang yang membantu penyusunan skripsi ini.

Usaha telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Begitu juga sangat kami perlukan untuk menambah kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Juli 2020

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Metodologi Pemecahan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Thermoelectric Generator (TEG) .....	7
2.2 Maximum Power Point Tracking (MPPT) .....	8
2.2.1 Incremental Conductance .....	10
2.3 Boost Converter .....	11
2.3.1 Prinsip Kerja Boost Converter .....	12
2.4 Mikrokontroler Arduino Uno .....	11
2.5 Sensor Suhu Termokopel MAX6675 .....	14
2.6 Sensor INA219 .....	13

2.7	Liquid Crystal Display 20x4 .....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		19
3.1	Pendahuluan .....	19
3.2	Perancangan Sistem.....	19
3.3	Prinsip Kerja Sistem.....	19
3.4	Perancangan Mekanik .....	20
3.4.1	Thermoelectric Generator (TEG) .....	21
3.5	Perancangan Perangkat Keras (Hardware) .....	22
3.5.1	Modul Sensor INA219 .....	22
3.5.2	Modul Sensor Termokopel MAX6675.....	22
3.5.3	Perancangan Keseluruhan Sistem.....	24
3.5.4	Perancangan Boost Converter .....	25
3.6	Perancangan Perangkat Lunak (Software) .....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		31
4.1	Pendahuluan .....	31
4.2	Pengujian Sensor INA219 .....	31
4.2.1	Peralatan yang digunakan.....	31
4.2.2	Langkah-langkah yang dilakukan:.....	32
4.2.3	Hasil Pengujian .....	32
4.2.4	Analisa pengujian.....	33
4.3	Pengujian Sensor Suhu Termokopel MAX667 .....	33
4.3.1	Peralatan yang digunakan.....	33
4.3.2	Langkah-langkah yang dilakukan:.....	34
4.3.3	Hasil Pengujian .....	34
4.3.4	Analisa pengujian.....	35



4.4	Pengujian Boost Converter .....	35
4.4.1	Peralatan yang digunakan .....	35
4.4.2	Langkah-langkah yang dilakukan .....	36
4.4.3	Hasil Pengujian .....	36
4.4.4	Analisa pengujian .....	37
4.5	Pengujian Mekanik Sistem Rangkaian TEG .....	37
4.5.1	Peralatan yang digunakan .....	38
4.5.2	Langkah-langkah yang dilakukan: .....	38
4.5.3	Hasil Pengujian .....	38
4.5.4	Analisa pengujian .....	40
4.6	Pengujian MPPT pada Mekanik Sistem TEG .....	40
4.6.1	Peralatan yang digunakan .....	40
4.6.2	Langkah-langkah yang dilakukan: .....	40
4.6.3	Hasil Pengujian .....	41
4.6.4	Analisa pengujian .....	47
BAB V PENUTUP .....		49
5.1	Kesimpulan .....	49
5.2	Saran .....	50
DAFTAR PUSTAKA .....		51
LAMPIRAN .....		55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Prinsip Kerja Termoelektrik .....	7
Gambar 2.2 : Prinsip kerja Algoritma MPPT .....	9
Gambar 2.3 : Grafik hubungan antara tegangan-arus, tegangan-daya dan kurva karakteristik MPP pada beberapa perbedaan temperatur.....	9
Gambar 2.4 : Flowchart <i>Incremental Conductance</i> .....	11
Gambar 2.5 : Boost Converter .....	11
Gambar 2.6 : MOSFET-ON.....	12
Gambar 2.7 : MOSFET-OFF .....	13
Gambar 2.8: Mikrokontroler Arduino Uno.....	14
Gambar 2.9 : Modul Sensor Suhu Termokopel MAX6675 .....	15
Gambar 2.10 : Skematik INA219 .....	16
Gambar 2.11 : IC Sensor INA219 .....	16
Gambar 2.12 : LCD 20x4 .....	17
Gambar 3.1 : Blok Diagram Sistem.....	19
Gambar 3.2 : Penempatan posisi mekanik sistem pada kompor gas.....	20
Gambar 3.3 : Bagian-bagian dari mekanik sistem TEG .....	21
Gambar 3.4 : Bentuk Fisik TEC-12706 .....	21
Gambar 3.5 Perancangan Modul Sensor INA219.....	22
Gambar 3.6 : Perancangan Modul Sensor Suhu MAX6675 .....	23
Gambar 3.7 : Perancangan Keseluruhan Sistem .....	24
Gambar 3.8 : Pengujian Satu Keping TEG.....	25
Gambar 3.9 :Grafik pengujian tegangan (V) terhadap Beda Suhu (°C).	25
Gambar 3.10 :Grafik pengujian arus (I) terhadap Beda Suhu (°C).....	26
Gambar 3.11 : Mosfet IRF540N .....	27
Gambar 3.12 : Flowchart Modul MPPT InC .....	29

Gambar 4.1 : Pengujian Modul Sensor INA219 .....	32
Gambar 4.2 : Pengujian Sensor Suhu MAX6675.....	34
Gambar 4.3 : Pengujian Boost Converter.....	36
Gambar 4.4 : Pengujian Mekanik Sistem Rangkaian TEG .....	38
Gambar 4.5 : Grafik Hasil Pengujian Tegangan Mekanik Sistem TEG tanpa beban .....	39
Gambar 4.6 : Pengujian Modul MPPT INC pada Mekanik Sistem TEG .....	41
Gambar 4.7 : Grafik Tegangan $V_{in}$ dan $V_{out}$ pada Beban 54,4 Ohm ..	44
Gambar 4.8 : Grafik Pergerakan daya pada Beban 54,4 Ohm .....	45
Gambar 4.9 : Grafik Pergerakan daya MPPT Mencapai Titik Maksimum pada Beban 54,4 Ohm.....	45
Gambar 4.10 : Grafik Tegangan $V_{in}$ dan $V_{out}$ pada Beban 81,4 Ohm.	46
Gambar 4.11 : Grafik Pergerakan daya pada Beban 81,4 Ohm .....	46
Gambar 4.12 : Grafik Pergerakan daya MPPT Mencapai Titik Maksimum pada Beban 81,4 Ohm.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Index Board Arduino</i> .....	13
Tabel 3.1 Konfigurasi Arduino dan Sensor INA219 .....	22
Tabel 3.2 Konfigurasi Arduino dan MAX6675 suhu sisi panas .....	23
Tabel 3.3 Konfigurasi Arduino dan MAX6675 suhu sisi dingin .....	23
Tabel 3.4 Konfigurasi keseluruhan modul dengan arduino .....	24
Tabel 3.5 Spesifikasi Boost Converter.....	27
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Modul Sensor INA219.....	33
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor Suhu MAX6675 .....	35
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian <i>Boost Converter</i> .....	37
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Mekanik Sistem Rangkaian TEG.....	39
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian MPPT InC pada Beban 54,4 $\Omega$ .....	42
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian MPPT InC pada Beban 81,4 $\Omega$ .....	43

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Doni Krismantoro  
NIM : 1612222  
Jurusan / Peminatan : Teknik Elektro S-1/ Elektronika  
ID KTP / Paspor : 3506191705980001  
Alamat : Jl. Pengajaran Dsn. Putuk, RT 02 RW 03,  
Kandangan, Kediri  
Judul Skripsi : Pengaplikasian *Thermoelectric Generator*  
(TEG) Pada Kompor Gas menggunakan DC/DC  
Boost Konverter Dengan Kontrol MPPT  
*Incrmental Conductance* (InC)

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali dicantumkan sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 4 November 2020  
Yang membuat pernyataan



(Doni Krismantoro)  
1612222