

ANALISIS PERBANDINGAN
HYBRID SISTEM PHOTOVOLTAIC THERMOELECTRIC
GENERATOR (PV-TEG) & PV-KONVENSIONAL

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Sains**



Alfara Bathriq Bairuni

1306621031

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
ANALISIS PERBANDINGAN *HYBRID* SISTEM *PHOTOVOLTAIC*
***THERMOELECTRIC* GENERATOR & PV-KONVENSIONAL**

Nama : Alfara Bathriq Bairuni
No. Registrasi : 1306621031

Nama

Tanda

Tanggal

Penanggung Jawab

Dekan : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si

NIP. 197909162005011004



12/08/25

Wakil Penanggung Jawab

Wakil Dekan I : Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.

NIP. 197905042009122002

12/08/25

Ketua : Riser Fahdiran, M.Si

NIP. 198307172009121008

30/07/25

Sekretaris : Ahmad Zatznika

Purwalaksana, S.Si, M.Si

NIP. 199402032023211015

31/07/25

Anggota

Pembimbing I : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si

NIP. 197909162005011004

31/07/25

Pembimbing II : Syafrima Wahyu, M.Si

NIP. 199110132023211021

31/07/25

Penguji : Haris Suhendar, S.Si, M.Sc.

NIP. 199404282022031006

31/07/25

Dinyatakan Lulus Ujian Skripsi tanggal 25 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “Analisis Perbandingan *Hybrid Sistem Photovoltaic Thermoelectric Generator & PV-Konvensional*” yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta adalah benar karya ilmiah saya dengan arahan dari dosen pembimbing.

Sumber informasi yang digunakan oleh penulis sebagai referensi dalam skripsi ini diperoleh dari penulis lain yang telah dicantumkan dalam daftar pustaka yang sesuai dengan standar, kaidah, dan etika penulis ilmiah.

Apabila dikemudian hari ditemukan sebagian besar skripsi ini, bukan hasil karya saya sendiri dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sanding dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Jakarta, Juli 2025



Alfara Bathriq Bairuni



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220

Telepon/Faksimili: 021-4894221

Laman: 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 : Alfara Bathriq Bairuni
NIM : 1306621031
Fakultas/Prodi : FMIPA/Fisika
Alamat email : alfarabairuni@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 Perbandingan *Hybrid Sistem Photovoltaic Thermoelectric Generator (PV-TEG) & PV-Konvensional*

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, 13 Agustus 2025

Penulis

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, pertolongan, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Analisis Perbandingan *Hybrid* Sistem *Photovoltaic Thermoelectric generator* (PV-TEG) & PV-Konvensional.” Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini berkat dukungan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam bentuk dukungan moral, bimbingan, dan masukan selama proses penyusunan hingga penyelesaian skripsi ini.

Secara khusus, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M. Si, selaku dosen pembimbing I, atas segala bimbingan dan arahan yang diberikan selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Syafrima Wahyu, M.Si, selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan banyak masukan dan arahan demi penyempurnaan karya ini.
3. Bapak Dr. Teguh budi prayitno, M. Si, selaku Koordinator Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.
4. Ibu Nurhasanah dan Bapak Nurhadi selaku orang tua penulis yang selalu mendoakan, mendukung, membantu, menjadi pendengar terbaik, memotivasi serta mencurahkan segala kasih sayangnya kepada penulis.
5. Azzah H.Z dan Malik A.N selaku saudara kandung penulis yang selalu mendoakan, mendukung, dan menghibur penulis.
6. Rekan Tim PV-TEG (Nur-Rahma Hidayanti, Saidatuzzahra Afnan dan An-nisa Putri Arianti), Sobat Kultum (Aisah, Alfiyani Az Zahro, An Nisa' Nurul Fitri, Fitria Handayani, Hashifah Dewianty Putri, Navida Rizkina, Nova Nur Elisa Dewi dan Novi Ken Sydney) dan teman-teman Fisika UNJ angkatan 2021 yang telah berbagi pengetahuan, cerita, dan dukungan

kepada penulis. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Energi Terbarukan.

Jakarta, 24 Juli 2025



Alfara Bathriq Bairuni



ABSTRAK

ALFARA BATHRIQ BAIRUNI. Analisis Perbandingan *Hybrid* Sistem *Photovoltaic Generator* (PV-TEG) & PV-Konvensional. Dibawah Bimbingan HADI NASBEY dan SYAFRIMA WAHYU.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem *hybrid Photovoltaic-Thermoelectric generator* (PV-TEG) sebagai solusi dalam meningkatkan efisiensi konversi energi surya. Sistem dirancang dengan menempatkan delapan modul TEG secara seri di bagian belakang panel surya guna mengubah panas terbuang menjadi energi listrik tambahan. Pengujian dilakukan menggunakan *sun simulator* sebagai sumber pencahayaan buatan dengan dukungan sensor suhu DS18B20, mikrokontroler Arduino, multimeter, dan modul RTC untuk pencatatan data suhu secara real time selama 120 menit. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa daya listrik TEG meningkat seiring selisih suhu antara sisi panas dan dingin, namun menurun setelah melewati titik optimum akibat kenaikan suhu sisi dingin. Sensor suhu yang digunakan menunjukkan akurasi tinggi (98–99%) dengan tingkat linearitas yang baik. Pengujian panel PV menunjukkan nilai tegangan open circuit (Voc) sebesar 6,3 V dan arus short circuit (Isc) sebesar 0,171 A, dengan nilai fill factor (FF) antara 0,7 hingga 0,8. Secara keseluruhan, sistem *hybrid* PV-TEG memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan PV konvensional, dengan efisiensi rata-rata mencapai 2,10% dibandingkan 1,52% pada PV saja, atau mengalami peningkatan sebesar 38,5%. Analisis perubahan tegangan, arus, daya, dan efisiensi terhadap suhu menunjukkan pola non-linier yang dimodelkan dengan regresi polinomial derajat empat. Setiap parameter memiliki titik optimum sekitar suhu 35,2°C, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) berkisar antara 0,347 hingga 0,369. Meskipun hubungan antara suhu dan parameter keluaran bersifat moderat, performa sistem dipengaruhi pula oleh variabel eksternal seperti kestabilan suhu sisi dingin, intensitas iradiasi, dan distribusi panas.

Kata kunci: panel surya, TEG, *hybrid* PV-TEG, efisiensi energi, *sun simulator*

ABSTRACT

ALFARA BATHRIQ BAIRUNI. *Comparative Analysis of Hybrid Photovoltaic-Thermoelectric generator (PV-TEG) System and Conventional PV.* Supervised by HADI NASBEY and SYAFRIMA WAHYU.

This study aims to design and analyze a *hybrid* Photovoltaic-Thermoelectric generator (PV-TEG) system as a solution to improve solar energy conversion efficiency. The system was designed by placing eight TEG modules in series at the back of a photovoltaic panel to convert waste heat into additional electrical energy. Testing was conducted using a *sun simulator* as an artificial light source, supported by DS18B20 temperature sensors, an Arduino microcontroller, a multimeter, and an RTC module to record real-time temperature data over a 120-minute observation period. Characterization results showed that the electrical power generated by the TEG increased with the temperature difference between the hot and cold sides, but declined after reaching an optimal point due to the rising temperature on the cold side. The temperature sensors demonstrated high accuracy (98–99%) and good linearity. PV panel testing revealed an open-circuit voltage (V_{oc}) of 6.3 V and a short-circuit current (I_{sc}) of 0.171 A, with a fill factor (FF) ranging from 0.7 to 0.8, which is considered good. Overall, the *hybrid* PV-TEG system exhibited higher efficiency than the conventional PV system, with an average efficiency of 2.10% compared to 1.52%, representing a 38.5% increase. The average additional power contribution from the TEG was 0.129 W. Analysis of the changes in voltage, current, power, and efficiency with respect to temperature revealed nonlinear patterns modeled using fourth-degree polynomial regression. Each parameter exhibited an optimal performance point around 35.2°C, with coefficients of determination (R^2) ranging from 0.347 to 0.369. Although the relationships between temperature and output parameters are moderate, the system's performance is also influenced by external variables such as cold-side temperature stability, solar irradiance intensity, and heat distribution.

Keywords: solar panel, TEG, *hybrid* PV-TEG, energy efficiency, *sun simulator*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	II
LEMBAR PERNYATAAN	III
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	IV
KATA PENGANTAR.....	V
ABSTRAK	VII
ABSTRACT.....	VIII
DAFTAR ISI	IX
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL.....	XII
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Sel Surya	5
B. <i>Thermoelectric generator</i> (TEG).....	9
C. <i>Hybrid</i> sistem PV -TEG	12
D. Termometer Analog.....	17
E. Multimeter.....	18
F. Mikrokontroler Arduino UNO	20
G. Sensor Suhu DS18B20.....	21
H. Sensor <i>Real Time Clock</i>	22
I. Kerangka Berpikir	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
B. Metode Penelitian	25
C. Alat dan Bahan Sistem PV-TEG	26
D. Diagram Alir Penelitian.....	27
E. Prosedur Penelitian	27

F. Desain Sistem.....	28
G. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	29
BAB IV HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN.....	30
A. Deskripsi Hasil Penelitian.....	30
B. Karakterisasi Sensor Suhu DS18B20.....	31
C. Karakterisasi <i>Thermoelectric generator</i> (TEG).....	33
D. Karakterisasi Panel Surya	36
E. Perbandingan PV-Konvensional dan PV-TEG.....	39
F. Efisiensi PV dan PV-TEG	41
G. Perubahan tegangan, arus, daya dan efisiensi PV-TEG terhadap suhu...	45
H. Perubahan Arus dan Tegangan terhadap Intensitas Lampu.....	48
I. Resume.....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
A. Kesimpulan	53
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	61
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 P-N <i>Junction</i>	5
Gambar 2.2 Grafik Karakteristik I-V pada sel surya (Fransiskus, 2006).....	8
Gambar 2.3 Penampang modul TEG (Anwar, 2013).....	10
Gambar 2.4 Prinsip kerja TEG (Puspita et al., 2017).....	10
Gambar 2.5 Integrasi PV-TEG (Fisac et al., 2014).	13
Gambar 2.6 Termometer Air Raksa (Laboratorium Fisika Dasar UNJ, 2025)	18
Gambar 2.7 A) Multimeter Analog B) Multimeter Digital (Taufiqullah, 2022) ...	19
Gambar 2.8 Arduino UNO R3 (Wicaksono, 2017)	20
Gambar 2.9 Sensor Suhu DS18B20 (Muzib, 2019).....	22
Gambar 2.10 Depan dan belakang RTC DS1307.....	23
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Desain <i>Sun simulator</i>	28
Gambar 4.1. karakterisasi sensor DS18B20.....	31
Gambar 4.2 Grafik Regresi rata rata pembacaan sensor DS18B20	32
Gambar 4.3. karakterisasi modul TEG.....	33
Gambar 4.4 a) Grafik selisih suhu panas dan dingin terhadap daya keluaran 1-4 buah TEG b) 5-8 buah TEG	34
Gambar 4.5 Karakteristik Panel Surya.....	36
Gambar 4.6 Grafik Karakterisasi I-V PV.....	37
Gambar 4.7 Rangkaian Seri 8 TEG.....	39
Gambar 4.8 Suhu permukaan PV dan PV-TEG terhadap waktu.....	40
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Efisiensi PV & PV-TEG	42
Gambar 4.10 Grafik Regresi polinomial Tegangan terhadap suhu PV-TEG	45
Gambar 4.11 Grafik Regresi polinomial Arus terhadap suhu PV-TEG	45
Gambar 4.12 Grafik Regresi polinomial Daya terhadap suhu PV-TEG	46
Gambar 4.13 Grafik Regresi polinomial Efisiensi terhadap suhu PV-TEG.....	46
Gambar 4.14 Variasi Jarak PV-TEG dengan Lampu (a) 8 cm (b) 16 cm (c) 24 cm (d) 32 cm	48
Gambar 4.15 Grafik Arus terhadap waktu dengan Variasi Jarak	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino UNO.....	21
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor DS18B20.....	22
Tabel 3.1 Jadwal Rancangan Penelitian	25
Tabel 3.2 Alat dan bahan beserta fungsinya.....	26
Tabel 4.1 Nilai Tegangan, Arus dan Daya Karakteristik PV	37
Tabel. 4.2 Tabel Data Output PV dan PV-TEG.....	41
Tabel 4.3 Daya yang dihasilkan TEG dari selisih PV-TEG dengan PV.....	43
Tabel 4.4 Pengukuran Arus dan Tegangan dengan Variasi Jarak	49

