

# Pototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Dan Seng

## PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TERMOELEKTRIK GENERATOR MENGGUNAKAN PENGHANTAR PANAS ALUMINIUM, KUNINGAN DAN SENG

**Muhammad Ady Pradana**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
e-mail : muhammadpradana@mhs.unesa.ac.id

**Mahendra Widartono**

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia  
e-mail : mahendrawidartono@unesa.ac.id

### Abstrak

Sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik adalah energi matahari. Penggunaan energi ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan radiasi cahaya dan suhu panasnya. Tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator dengan menggunakan penghantar panas aluminium, kuningan dan seng. Sumber panas yang digunakan pada penelitian ini yaitu sinar matahari, sehingga nantinya mampu memberikan suatu rekomendasi alat penghasil listrik dengan menggunakan metode *seeback*. Hasil dari *output* tegangan listrik yang didapatkan paling tinggi ketika menggunakan plat penghantar panas kuningan dengan ketebalan 1mm dengan merangkai TEG secara seri dengan menggunakan air *ice* didapatkan 9,2 Volt pada hari ke-10, Selanjutnya menggunakan plat seng dengan rangkaian seri TEG didapatkan 3,56 Volt pada hari ke-1, dan yang terakhir menggunakan plat aluminium dengan rangkaian seri TEG didapatkan 2,95 Volt pada hari ke-5 dengan suhu rata-rata yang dihasilkan oleh TEG ialah 53,53°C selama masa pengujian 10 hari.

**Kata kunci :** Prototipe Pembangkit Listrik, Termoelektrik Generator

### Abstract

An alternative energy source that can be utilized to meet electricity needs is solar energy. The use of this energy can be done by utilizing light radiation and heat temperature. The purpose of this research is to make a power plant prototype of a thermoelectric generator using aluminum, brass, and zinc as heat conductors. The heat source used in this research is sunlight. So that later it is able to provide a recommendation for electric generator using the Seeback method. The results of the highest voltage output obtained when using a brass heat conductor plate with a thickness of 1 mm by arranging TEG in series using water ice that obtained 9.2 Volts on the 10th day. Furthermore, using a zinc plate with a TEG series circuit obtained 3.56 Volts on the 1st day, and the last using an aluminum plate with a TEG series circuit obtained 2.95 Volts on the 5th day with an average temperature produced by TEG is 53.53 ° C during the 10-day testing period.

**Keywords:** Power Plant Prototype, Thermoelectric Generator

### PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik tidak akan lepas dari kebutuhan makhluk hidup dalam menjalankan aktifitas sehari-hari. Hal ini berdampak dengan seiring meningkatnya pertumbuhan yang sangat pesat dalam bidang teknologi, kebutuhan energipun akan semakin meningkat, akan tetapi tidak semua sumber energi yang digunakan saat ini dapat diperbarui sehingga seiring berjalannya waktu suatu saat energi ini akan habis. Seperti contoh energi yang tidak dapat diperbarui yaitu energi Konvensional.

Energi Konvensional adalah energi yang tersedia dengan jumlah terbatas. Salah satu contoh energi konvensional yang paling banyak digunakan adalah energi fosil.

Energi fosil merupakan energi yang berasal dari sumber daya alam yang terjadi akibat adanya penimbunan fosil selama berjuta-juta tahun lamanya. Parahnya energi fosil inilah yang paling banyak digunakan saat ini. Energi fosil seperti batubara mendominasi energi yang paling besar digunakan dengan mencapai 46,7% pada tahun 2013. Dan adapun diagram untuk pembangkit listrik berbasis energi baru dan terbarukan pertumbuhannya masih rendah. Selain itu dengan adanya eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan juga berdampak pada rusaknya lingkungan, untuk itu pengembangan energi *alternative* yang terbarukan dan ramah lingkungan perlu dilakukan agar dapat terpenuhi kebutuhan energi dan kelangsungan hidup bagi makhluk hidup.

Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah energi matahari. Penggunaan energi ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan radiasi cahaya dan suhu panasnya. Dengan menggunakan Termoelektrik generator hasil suhu panas yang didapat dari energi matahari dikonversikan menjadi listrik. Hal ini dimasukkan agar dapat memperoleh sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan.

Pada tahun 2017 Jojo Sumarjo, Aa Santosa dan Muhammad Imron Permana melakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan sumber panas pada kompor menggunakan 10 Termoelektrik Generator dirangkai secara seri untuk aplikasi lampu penerangan”. Pada penelitian ini menggunakan 10 buah Termoelektrik TEG – SP1848-27145SA dengan media pembakaran berupa kayu bakar, Gas elpiji dan Spiritus. Media pembakaran tersebut mempengaruhi *output* tegangan yang berbeda. Media pembakaran untuk menghasilkan suhu panas masih belum ramah lingkungan karena menggunakan energi konvensional.

Dengan adanya salah satu permasalahan tersebut telah mendorong rencana peneliti membuat tentang “Prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator menggunakan penghantar panas aluminium, kuningan dan seng” ini, akan diteliti terkait efisiensi rancang bangun generator termoelektrik yang memanfaatkan bahan yang sederhana untuk bisa mengkonversi energi panas menjadi listrik. Sumber panas yang digunakan pada penelitian ini yaitu sinar matahari. Sinar matahari yang difokuskan ke bagian penerima panas pada rancangan hingga diperoleh perbedaan suhu panas dan suhu dingin yang akan dikonversikan menjadi energi listrik dengan metode *efek seebeck*. Sehingga nantinya mampu memberikan suatu rekomendasi alat penghasil listrik yang murah dan sederhana.

## KAJIAN PUSTAKA

### Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari “proses alam yang berkelanjutan”. Sejarah energi terbarukan dikenal pada tahun 1970-an. Sebagai upaya untuk membuat suatu inovasi agar energi tidak cepat habis dan untuk membantu mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Pengertian paling umum energi terbarukan adalah sumber energi yang dapat dengan cepat di perbarui kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan. Dengan pengertian ini maka bahan bakar nuklir dan fosil tidak termasuk didalamnya.

### Energi Surya

Energi surya adalah energi yang dikumpulkan secara langsung dari cahaya matahari dan dikonversikan

menjadi listrik melalui modul *photovoltaic*. Dimana disaat matahari tidak memberikan energi yang konstan untuk setiap titik di bumi, sehingga penggunaannya terbatas. Sel surya sering digunakan untuk mengisi daya baterai di siang hari, dan daya dari baterai tersebut digunakan di malam hari ketika cahaya matahari tidak tersedia.

### Cahaya

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Sehingga cahaya dapat merambat tanpa memerlukan medium. Oleh karena itu, cahaya matahari dapat sampai ke bumi dan memberi kehidupan di dalamnya. Cahaya merambat dengan sangat cepat, yaitu dengan kecepatan  $3 \times 10^8$  m/s, artinya dalam waktu satu sekon cahaya dapat menempuh jarak 300.000.000 m atau 300.000 km.

### Termoelektrik Generator

Komponen termoelektrik bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau dengan fungsi sebaliknya yaitu dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk memperoleh listrik komponen termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Prototipe yang dirancang akan menghasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis dan jumlah bahan yang digunakan.

Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika komponen termoelektrik di aliri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan diserap. Dengan demikian untuk mendinginkan udara, tidak perlu menggunakan kompresor pendingin seperti halnya mesin-mesin pendingin konvensional. Untuk keperluan pembangkit listrik tersebut umumnya bahan yang digunakan adalah bahan semikonduktor. Semikonduktor ialah bahan yang mampu menghantarkan arus listrik namun tidak sempurna. Semikonduktor yang digunakan adalah tipe-n dan tipe-p. Bahan semikonduktor yang digunakan adalah bahan semikonduktor ekstrinsik. Permasalahan untuk termoelektrik adalah untuk mendapatkan bahan yang mampu bekerja pada suhu tinggi (Klara, dkk. 2016).

Pada dasarnya generator termoelektrik terdiri dari tiga komponen dasar menurut (Vasquez, dkk. 2002) yaitu :

- a. Struktur penompang, yaitu tempat dimana komponen termoelektrik diletakkan, sebagaimana peneliti meletakkan di dalam aliran gas buang dan beberapa dengan hanya memanfaatkan panas dinding saluran gas buang untuk menghindari adanya *back pressure* aliran gas buang.

## Pototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Dan Seng

- b. Komponen termoelektrik yang tergantung pada jangkaun suhu, material termoelektrik yang dapat digunakan dapat berupa bahan *silicon ghermanium*, *lead telluride*, dan *bismuth telluride*.
- c. Sistem disipasi panas, yang mengatur transmisi panas melalui modul termoelektrik.

### Prinsip Kerja Termoelektrik Generator

Termoelektrik merupakan salah satu teknologi *solid state* di mana pada termoelektrik ini tidak ada bagian yang bergerak ataupun fluida yang mengalir dan relative lebih ramah lingkungan. Saat ini modul termoelektrik telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi sebagai pendingin termoelektrik atau lebih dikenal dengan TEC dengan memanfaatkan efek Termoelektrik generator dan sebagai generator termoelektrik atau biasa disebut sebagai TEG yang berfungsi sebagai pembangkit listrik dengan menerapkan efek *Seebeck*. Perbedaan suhu pada termoelektrik generator didapatkan dengan rumus :

$$\Delta T = T_h - T_c \quad (1)$$

Keterangan :

$T_h$  = Suhu panas ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_c$  = Suhu dingin ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta T$  = Perbedaan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

Untuk menentukan daya yang dihasilkan oleh prototipe pembangkit listrik menggunakan termoelektrik generator didapatkan rumus :

$$P = V \times I \quad (2)$$

Keterangan :

$P$  = Daya (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

### Efek *Seebeck*

Efek *Seebeck* merupakan fenomena yang mengubah perbedaan temperatur menjadi energi listrik. Jika ada dua buah bahan yang berbeda kemudian ujungnya di sambungkan satu sama lain maka akan terjadi dua sambungan dalam satu loop. Jika terjadi perbedaan temperatur diantara kedua sambungan ini, maka akan terjadi arus listrik. Prinsip ini lah yang digunakan termoelektrik sebagai generator (pembangkit listrik). Setiap bahan memiliki koefisien *Seebeck* yang berbeda-beda. Semakin besar koefisien *Seebeck* ini, maka beda potensial yang dihasilkan juga semakin besar. Karena perbedaan temperatur disini dapat diubah menjadi tegangan listrik.

### Cara Kerja Termoelektrik Generator

Suatu elemen Termoelektrik generator memiliki dua sisi dimana satu sisi bertindak sebagai bagian panas dan sisi lainnya bertindak sebagai bagian dingin. Berikut cara kerja element termoelektrik generator:

- a. Teknologi termoelektrik bekerja dengan mengonversikan energi panas menjadi energi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Untuk menghasilkan listrik, material termoelektrik cukup diletakkan sedemikian rupa dalam rangkaian yang menghubungkan sumber panas dan dingin. Dari rangkaian itu akan dihasilkan sejumlah listrik sesuai dengan jenis bahan yang dipakai.
- b. Kerja pendingin termoelektrik pun tidak jauh berbeda. Jika material termoelektrik dialiri listrik, panas yang ada di sekitarnya akan terserap. Dengan demikian, untuk mendinginkan udara, tidak diperlukan kompresor pendingin seperti halnya di mesin mesin pendingin konvensional.

### Sensor Suhu Thermometer Digital

Seiring dengan perkembangan teknologi maka diciptakanlah termometer digital yang prinsip kerjanya sama dengan termometer yang lainnya yaitu pemuai. Pada termometer digital menggunakan logam sebagai sensor suhunya yang kemudian memuai dan pemuaiannya ini diterjemahkan oleh rangkaian elektronik dan ditampilkan dalam bentuk angka yang langsung bisa dibaca. Pada penelitian ini digunakan termometer digital dengan tipe sensor NTC (10k/3435). Menggunakan 2 thermometer digital yang diletakkan pada sisi panas dan sisi dingin termoelektrik generator. Ketelitian sesor termometer digital yang digunakan adalah  $0,1^{\circ}\text{C}$  dengan batas pengukuran  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $110^{\circ}\text{C}$ .

### Material Semikonduktor

Material semikonduktor menjadi komponen yang penting dalam termoelektrik sebagai pengubah energi panas menjadi energi listrik.terdapat dua jenis material semikonduktor, yaitu tipe-p dan tipe-n. Material semikonduktor disebut tipe-p jika memiliki pembawa muatan yang bernilai positif sedangkan tipe-n jika memiliki pembawa muatan yang bernilai negatif.(Zeng, Y,J,et al,2017).

Efek termoelektrik adalah peristiwa pengkonversian secara langsung dari energi panas menjadi energi listrik atau sebaliknya karena beda suatu material. Material generator termoelektrik terbuat dari bahan semikonduktor dari tipe-p dan tipe-n. Material tipe-p adalah material yang kekurangan electron dan tipe-n adalah kelebihan electron. Ketika material tersebut

diberikan beda suhu, maka electron akan bergerak dari sisi panas menuju sisi yang bersuhu lebih dingin. Pengkonversian dari beda suhu menjadi energi listrik disebut sebagai efek *Seebeck*. Konduktor pada termokopel yang merupakan dua logam yang berbeda dan dinotasikan sebagai material X dan Y. apabila pada termokopel B diberikan panas sebesar  $T_h$  dan termokopel A lebih dingin pada suhu  $T_c$ , maka akan timbul tegangan ( $V_o$ ) pada terminal T1 dan T2.

a. Karakteristik Aluminium

Aluminium mempunyai masa jenis  $2,7 \text{ kg/cm}^3$ , titik leleh lebih dari  $658^\circ\text{C}$  dan tidak korosif. Daya hantar aluminium sebesar  $35 \text{ m/ohm mm}^3$  atau kira-kira 61,4% dari daya hantar tembaga, tahanan listriknya sebesar 64,94% hantaran listrik koefisien temperature yaitu 0,0042 per  $^\circ\text{C}$ . aluminium mudah dibentuk karena lunak, kekuatan tariknya hanya  $9 \text{ km/mm}^3$ . untuk itu jika aluminium digunakan sebagai penghantar yang dimensinya cukup besar, selalu diperkuat dengan baja atau paduan aluminium (yulianti,2016:28)

b. Karakteristik Seng (Zn)

Pemurnian diperoleh secara elektrolisis dari bahan oksidasi seng (Zn). Penemuan mencapai kadar 97,75% Zn. Warnanya abau-abu muda dengan titik cair  $419^\circ\text{C}$  dan titik didih  $906^\circ\text{C}$ . dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong element kering (kutub negative), batang-batang (elektroda) element galvani. Tahanan jeninya  $0,12 \text{ ohmm}^3/\text{m}$ . dalam penjualan, seng sering kali dijual dalam bentuk pelat yang rata atau bergelombang, dan juga dalam bentuk kawat dan tuangan dalam bentuk balok (Vogel,1990).

c. Karakteristik Kuningan

Kuningan adalah paduan logam tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan kadar tembaga antara 55%-95% massa. Logam kuningan dapat diperoleh dari proses pengecoran (*Foundry*). Cara pengecoran ini adalah salah satu-satunya cara yang bisa digunakan dalam industri logam kecil ataupun industri besar. Pemanfaatan logam kuningan khususnya pada industri sangatlah menguntungkan yang diperoleh adalah logam kuningan memiliki sifat tahan korosi. Meskipun demikian, bahan kuningan juga memiliki kekurangan salah satunya adalah biaya perawatannya yang cukup mahal.

**METODE PENELITIAN**

**Pendekatan Penelitian**

Pendekatan pada penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif, karena penelitian ini disajikan dengan angka-angka. Penelitian kuantitatif adalah pendekatan penelitian yang banyak dituntut dengan menggunakan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran data serta penampil hasilnya (Arikunto 2006 : 12). Jenis pendekatan kuantitatif.

Pada penelitian ini akan membuat prototipe pembangkit listrik dengan termoelektrik generator untuk mengetahui pengaruh perbedaan suhu terhadap keluaran yang dihasilkan oleh termoelektrik generator. Pada penelitian ini akan didapatkan hasil keluaran terbaik yang dihasilkan oleh termoelektrik generator dengan membandingkan tiga penghantar panas dan tiga rangkaian. Penghantar panas yang digunakan yaitu aluminium, kuningan dan seng serta rangkaian yang digunakan yaitu seri, paralel dan campuran.

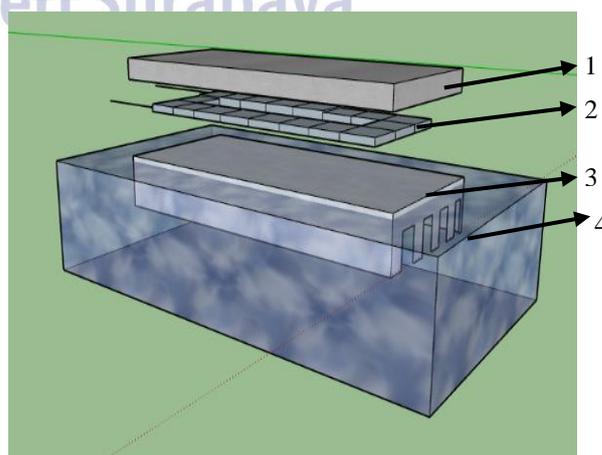
**Spesifikasi Termoelektrik Generator**

**Tabel 1** Spesifikasi Termoelektrik Generator:

NO	Spesifikasi	Nilai
1	Model	TEC-12705
2	Ukuran	40x40mm
3	Operasi tegangan dan arus	0-15,2V dan 0-6 A
4	Operasi suhu	(-30 $^\circ\text{C}$ ) - (70 $^\circ\text{C}$ )
5	Konsumsi daya maksimal	60 Watt

Pada penelitian ini menggunakan termoelektrik generator dengan tipe TEC-12705 dengan tegangan keluaran 0-15,2V dan arus keluaran 0-6A serta konsumsi daya maksimal termoelektrik generator adalah 60watt. Pada operasi suhu pada termoelektrik generator (-30 $^\circ\text{C}$ ) – (70 $^\circ\text{C}$ ).

**Desain Hardware**



**Gambar 1** Desain Hardware

## Pototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Dan Seng

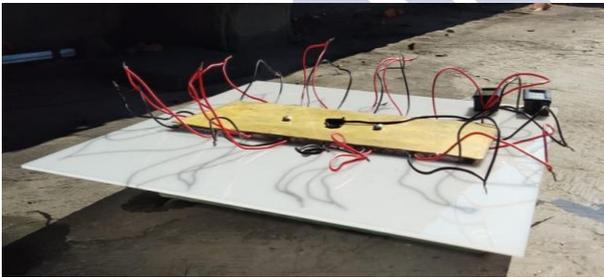
Gambar 1 menunjukkan desain *hardware* prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator menggunakan penghantar panas aluminium, kuningan dan seng beserta bagian-bagiannya.

Keterangan Gambar 1 :

1. Plat kuningan, seng dan aluminium yang berfungsi sebagai media penghantar panas.
2. Modul termoelektrik generator sebanyak 16 buah yang berfungsi sebagai komponen prototipe pembangkit listrik dengan memanfaatkan sumber perbedaan suhu antara panas dan dingin.
3. *Coldsink* sebagai media pendingin untuk memperoleh suhu dingin yang akan ditransferkan ke sisi dingin TEG.
4. Kaca digunakan sebagai wadah penampung buat air untuk memperoleh suhu dingin

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Perancangan *Hardware*



**Gambar 2** Tampak Samping Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator

Pada penelitian ini menggunakan 16 termoelektrik generator dengan tipe model TEC-12705. Pada sisi panas termoelektrik generator dilapisi oleh penghantar panas. Penghantar panas yang digunakan adalah aluminium, kuningan dan seng yang diganti-ganti sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan, penghantar panas dan bagian sisi panas termoelektrik generator direkatkan oleh thermal pasta.

Pada sisi dingin termoelektrik generator direkatkan dengan *cold sink* agar mendapatkan suhu yang lebih rendah. *Cold sink* direndam dalam air sehingga suhu yang didapatkan akan rendah sehingga keluaran pada termoelektrik yang dihasilkan akan baik. Pada hari ke-10 *cold sink* direndam dengan menggunakan air *ice* agar suhu pada disisi dingin semakin rendah sehingga hasil keluaran yang didapatkan lebih maksimal. Semakin banyak perbedaan suhu pada sisi panas dan sisi dingin maka akan semakin baik keluaran yang dihasilkan oleh termoelektrik generator.

Pada sisi panas akan diukur dengan menggunakan thermometer digital yang dilekatkan pada penghantar

panas termoelektrik generator dan sisi dingin termoelektrik generator diukur dengan thermometer digital yang diletakkan pada *cold sink*. Pengukuran tegangan dan arus diukur menggunakan multimeter digital. Hasil yang didapatkan oleh termoelektrik digital kemudian ditulis dan dianalisa oleh peneliti sehingga mendapatkan keluaran terbaik. Pada penelitian ini dilakukan selama 10 hari dengan 4 keadaan yaitu :

1. TEG dirangkai secara seri, paralel dan campuran menggunakan plat penghantar panas aluminium.
2. TEG dirangkai secara seri, paralel dan campuran menggunakan plat penghantar panas seng.
3. TEG dirangkai secara seri, paralel dan campuran menggunakan plat penghantar panas kuningan.
4. TEG dirangkai secara seri, menggunakan plat kuningan serta menggunakan air *ice* sebagai pendingin.

#### Hasil Pengambilan Data Termoelektrik Generator

Berikut merupakan hasil yang didapatkan pada saat proses pengambilan data prototipe pembangkit listrik menggunakan termoelektrik generator dengan menggunakan penghantar panas kuningan yang dirangkai secara seri, dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

**Tabel 2** Termoelektrik generator dirangkai seri dengan penghantar panas kuningan

Waktu	V (V)	I (A)	P (W)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)
08:00-09:00	2,75	0,009	0,02475	48	30,1	17,9
09:00-10:00	3,50	0,0166	0,0581	53,4	30,6	22,8
10:00-11:00	4,24	0,0244	0,103456	57,6	30,8	26,8
11:00-12:00	4,90	0,0249	0,12201	58,9	31,2	27,7
12:00-13:00	4,19	0,0240	0,10056	56,5	31,6	24,9
13:00-14:00	3,41	0,0121	0,041261	52,3	31,9	20,4
14:00-15:00	2,32	0,0064	0,014848	45,5	32,1	13,4
15:00-16:00	1,56	0,0036	0,005616	40,3	32,5	7,8
16:00-17:00	0,98	0,0018	0,001764	37	32,8	4,2

Tabel 2 merupakan pengambilan data alat menggunakan plat kuningan yang dirangkai secara seri. Nilai perubahan suhu yang didapatkan paling tinggi yaitu 27,7°C. memperoleh nilai daya sebesar 0,12201 Watt pada

pukul 11.00 – 12.00 WIB. Tagangan yang paling tinggi didapatkan pada pukul 11.00WIB-12.00WIB sebesar 4,90V dan tegangan terendah didapatkan pada pukul 16.00WIB-17.00WIB sebesar 0,98V. Arus tertinggi didapatkan pada pukul 11.00WIB-12.00WIB sebesar 0,249A dan arus terendah didapatkan pada pukul 16.00WIB-17.00WIB sebesar 0,0018A Pada penelitian dengan menggunakan rangkaian seri cenderung tegangan yang dihasilkan oleh termoelektrik generator lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian paralel ataupun rangkaian campuran, ini dikarenakan rangkaian seri dapat meningkatkan hasil dari tegangan termoelektrik generator.

**Tabel 3** Termoelektrik generator dirangkai campuran dengan penghantar panas kuningan

Waktu	V (V)	I (A)	P (W)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)
08:00-09:00	0,90	0,0142	0,01278	47,2	30,7	16,5
09:00-10:00	1,03	0,01893	0,019498	48,9	31	17,9
10:00-11:00	1,05	0,019	0,01995	49,7	31,4	18,3
11:00-12:00	1,10	0,0192	0,02112	50,1	31,8	18,3
12:00-13:00	1,25	0,0196	0,0245	51,2	32,2	19
13:00-14:00	1,02	0,01890	0,019278	48,8	32,6	16,2
14:00-15:00	0,70	0,0109	0,00763	45,1	32,9	12,2
15:00-16:00	0,52	0,043	0,02236	41,3	33,2	8,1
16:00-17:00	0,28	0,019	0,00532	38,9	33,5	5,4

Tabel 3 merupakan pengambilan data alat menggunakan plat kuningan yang dirangkai secara campuran. Nilai perubahan suhu yang didapatkan paling tinggi yaitu 19°C, memperoleh tegangan 1,25V, arus 0,0196A pada pukul 12.00 – 13.00 WIB dan mendapatkan nilai perubahan suhu paling kecil yaitu 5,4°C, memperoleh tegangan 0,28V serta arus 0,019A pada pukul 16.00WIB – 17.00WIB. Pada saat dirangkai campuran arus dan tegangan pada termoelektrik generator cenderung stabil dibandingkan dengan rangkaian seri dan rangkaian paralel.

**Tabel 4** Termoelektrik generator dirangkai paralel dengan penghantar panas kuningan

Waktu	V (V)	I (A)	P (W)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)
08:00-09:00	0,13 5	0,00 72	0,000972	46,8	31,7	15,1
09:00-10:00	0,13 9	0,00 91	0,001265	47,9	32,3	15,6

Lanjutan Tabel 4

10:00-11:00	0,18 2	0,01 22	0,00222	51,3	32,6	18,7
11:00-12:00	0,25 5	0,01 45	0,003698	54,2	32,8	21,4
12:00-13:00	0,18 7	0,01 34	0,002506	52,2	33	19,2
13:00-14:00	0,14 3	0,01 11	0,001587	49,7	33,5	16,2
14:00-15:00	0,10 1	0,00 58	0,000586	45,1	33,9	11,2
15:00-16:00	0,06 6	0,00 48	0,000317	42,2	34,1	8,1
16:00-17:00	0,04 4	0,00 26	0,000114	39,4	34,4	5

Pada Tabel 4 merupakan pengambilan data alat menggunakan plat kuningan yang dirangkai secara paralel. Nilai perubahan suhu yang didapatkan paling tinggi yaitu 21,4°C, memperoleh tegangan 0,255V, arus 0,0145A pada pukul 11.00 – 12.00 WIB. Nilai perubahan suhu terendah didapatkan 5°C, tegangan 0,044V, arus 0,0026A pada pukul 16.00WIB-17.00WIB. Pada saat termoelektrik generator dirangkai secara paralel keluaran arus cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian seri dan rangkaian paralel. Karena rangkaian paralel dapat meningkatkan arus, sehingga arus dari termoelektrik generator cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan rangkaian seri dan campuran.

**Tabel 5** Termoelektrik generator dirangkai seri dengan penghantar panas kuningan dan menggunakan air ice

Waktu	V (V)	I (A)	P (W)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)
08:00-09:00	5,80	34,2	0,19836	45,4	5,5	39,9
09:00-10:00	7,12	39,8	0,283376	54,3	5,9	48,4
10:00-11:00	9,2	42,5	0,391	56,2	6,1	50,1
11:00-12:00	8,14	36,4	0,296296	52,2	6,4	45,8
12:00-13:00	9,5	44,8	0,4256	57,4	6,8	50,6
13:00-14:00	8,7	38,4	0,33408	54,1	7	47,1
14:00-15:00	7,1	35,1	0,24921	48,7	7,3	41,4
15:00-16:00	4,44	31,9	0,141636	40,1	7,5	32,6
16:00-17:00	3,90	29,8	0,11622	39,9	7,9	32

Pada Tabel 5 merupakan pengambilan data alat menggunakan plat kuningan yang dirangkai secara seri. Nilai perubahan suhu yang didapatkan paling tinggi yaitu 50,6°C, memperoleh nilai daya sebesar 0,4256 Watt pada

## Pototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Dan Seng

pukul 12.00 – 13.00 WIB. Pada penelitian ini mendapatkan tegangan paling tinggi 9,5V saat pukul 12.00WIB – 13.00WIB dan tegangan paling rendah 3,90V saat 16.00WIB – 17.00WIB. Penggunaan air *ice* dapat mempengaruhi keluaran yang dihasilkan oleh termoelektrik generator, hal ini dikarenakan perbedaan suhu yang drastis sehingga kinerja dari termoelektrik generator cenderung maksimal.

### PENUTUP

#### Simpulan

Alat “prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator menggunakan penghantar panas aluminium, seng dan kuningan” ini ketika hasil yang didapatkan dari pengaruh perubahan suhu antara sisi panas dan sisi dingin TEG semakin tinggi maka *output* yang dihasilkan dari TEG ini akan meningkat, dan apabila hasil pengaruh perubahan suhu semakin menurun maka *output* yang dihasilkan dari TEG ini akan menurun.

“prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator menggunakan penghantar panas aluminium, seng dan kuningan” menghasilkan *output* tegangan listrik yang didapatkan paling tinggi ketika menggunakan plat penghantar panas kuningan dengan ketebalan 1mm dengan merangkai TEG secara seri dengan menggunakan air *ice*, didapatkan 9,2 Volt pada hari ke-10, Selanjutnya menggunakan plat seng dengan rangkaian seri TEG didapatkan 3,56 Volt pada hari ke-1, dan yang terakhir menggunakan plat aluminium dengan rangkaian seri TEG didapatkan 2,95 Volt pada hari ke-5 dengan suhu rata-rata yang dihasilkan oleh TEG ialah 53,53°C selama masa pengujian 10 hari.

#### Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas ada beberapa saran yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan alat tambahan untuk pengoptimalan dan pemfokusan cahaya matahari yang diarahkan ke sisi panas TEG untuk mendapatkan suhu panas yang lebih, menggunakan sistem pendingin yang lebih bagus agar air yang digunakan tetap stabil suhu dinginnya, seperti dibuatkan pompa otomatis dan menggunakan sistem pengukuran yang otomatis dengan arduino uno agar peneliti mendapatkan hasil yang lebih optimal dan efisien pada saat pengukuran TEG.

### DAFTAR PUSTAKA

Ansyori. 2017. Rancang bangun sistem generator termoelektrik sederhana sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan metode *seebeck effect*. Jurusan Fisika. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Chamdan nor, Dyah ayu pratiwi,dkk. 2015. “Inovasi pembangkit listrik tenaga panas matahari guna menurunkan biaya operasional PT Berkah Vannamel Bantul”. *Jurnal penelitian*. Vol. X: Hal. 26-33

Haryadi, Mahmudi Ali. 2012. *Buku bahan ajar perpindahan panas*. Bandung: Politeknik Negeri Bandung

Imam Fatoni.2015. “Ilmu alamiah dasar energi terbarukan”. Makalah Energi Terbarukan, Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.

Jojo sumarjo,dkk.2017. “Pemanfaatan sumber panas pada kompor menggunakan 10 Termoelektrik Generator dirangkai secara seri untuk aplikasi lampu penerangan”. *Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK Jurnal)*. Vol 11(2): Hal.124-127.

Klara,dkk.2016. “Pemanfaatan panas gas buang mesin diesel sebagai energi listrik”. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan*. Vol 14 (1): Hal. 113-128

Nurulianthy Annisa. 2012. Pengembangan *hybrid solarcell* dengan termoelektrik *generator*. S1 Teknik Mesin, Universitas Indonesia.

Purnomo hadi,dkk.2014. *Outlook energi Indonesia 2014*. Jakarta Selatan.

Puspita candra santi,dkk.2017. “Generator Termoelektrik untuk pengisian aki”. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol 13 (2): Hal.84-87.

Putra nandy,dkk.2009 “Potensi pembangkit daya Termoelektrik untuk kendaraan *hybrid*”. *Jurnal Teknologi*. Vol 13 (2): Hal.53-58.

Selamat Efendi.2016. Pengembangan perangkat konversi energi panas menjadi energi listrik. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.

Sumbodo suryo joko,dkk.2018. “Efektifitas pendingin menggunakan Termoelektrik pada panel surya”. *Jurnal E-Proceeding of engginering*. Vol 5 (3): Hal.1-8.

Valevi Ramzi. 2018. Analisa variasi suhu terhadap voltase yang dihasilkan pada termoelektrik pada kabin mobil. S1 Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara Medan.

Vasquez,J,dkk.2002. “State of the art of Thermoelectric Generator Based on Heat Recovered from the Exhaust Gases of Automobiles”. *Journal. Universidad Pontificia Comillas*.

Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro*. Jakarta : Kalman Media Pustaka.

Yulianti, Dewi, 2016. “Analisis Kelistrikan Sel Volta Memanfaatkan Logam Bekas”. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* Vol 5 (1): Hal.49-57.

Zeng,Y,J,et al, 2007. "Study on the Hall Effect and Photoluminescence of N-Doped P-Type ZnO Thin Film". Journal Material Letters. Vol 72: Hal.41-44.

