

## Peningkatan Penyerapan Panas Matahari pada Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Kuningan dengan Pelapisan Warna Hitam

**Deo Dwi Cahya**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: deo.18048@mhs.unesa.ac.id

**Joko, Achmad Imam Agung, Endryansyah**

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail: joko@unesa.ac.id, achmadimam@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id

### Abstrak

Energi terbarukan dibutuhkan untuk mengatasi sumber energi fosil yang semakin menipis, salah satu energi alternatif adalah energi matahari. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pelapisan warna hitam pada media kuningan terhadap penyerapan panas matahari sehingga penyerapan panas matahari dapat maksimal dan untuk mengetahui perbandingan daya antara termoelektrik dengan penghantar kuningan dan penghantar kuningan dengan pelapisan warna hitam. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dan menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif. Rangkaian yang digunakan pada termoelektrik adalah seri dengan jumlah 8 buah termoelektrik dan menggunakan beban resistor sebesar  $22\Omega$ . Hasil ketika menggunakan penghantar panas kuningan adalah daya sebesar  $0,001892\text{Watt}$ , dan selisih suhu antara *heatsink* dengan kuningan paling tinggi sebesar  $7,9^{\circ}\text{C}$  pada hari pertama pukul 12:00-13:00, dan pada penghantar panas kuningan berlapis warna hitam didapat hasil paling tinggi adalah daya sebesar  $0,008574\text{Watt}$ , dan perbedaan suhu antara *heatsink* dengan kuningan paling tinggi sebesar  $19,9^{\circ}\text{C}$  pada hari ke-3 pukul 12:00-13:00. Dapat disimpulkan bahwa pelapisan warna hitam pada penghantar panas kuningan sangat berpengaruh terhadap penyerapan panas matahari dan daya listrik lebih besar bila dibandingkan dengan penghantar panas kuningan tanpa pelapisan warna hitam. Penelitian ini sebagai referensi pilihan pembangkit listrik terbarukan yang memanfaatkan energi matahari selain panel surya.

**Kata kunci :** energi terbarukan, termoelektrik generator, efek *seebeck*

### Abstract

Renewable energy is needed to overcome depleting fossil energy sources, one of alternative energy is solar energy. Purpose of this study was to determine the effect of black coating on brass media on absorption of solar heat so that solar heat absorption can be maximized and to determine power ratio between thermoelectric with brass conductor and brass conductor with black coating. Research method used is experimental and uses a quantitative research approach. Circuit used in thermoelectric is series with a total of 8 thermoelectrics and uses a  $22\Omega$  load resistor. Results output highest is obtained when thermoelectrics are connected in series, result when using a brass heat conductor is a power of  $0.001892\text{Watt}$ , and difference in temperature between heatsink with highest brass of  $7.9^{\circ}\text{C}$  on the first day at 12:00-13:00, and for black-coated brass heat conductor, highest result is power of  $0.008574\text{Watt}$ , and the temperature difference between heatsink with highest brass at  $19.9^{\circ}\text{C}$  on 3rd day at 12:00-13:00. It can be concluded that black coating on brass heat conductor is very influential on absorption of solar heat and electric power is greater when compared to brass heat conductor without black coating. This research is used as a reference for choice of renewable power plants that utilize solar energy in addition to solar panels.

**Keyword:** renewable energy, thermoelektrik generator, seebeck effect

### PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, kebutuhan penggunaan sumber energi listrik semakin tinggi. Namun energi yang umum dipakai di dunia masih menggunakan energi yang belum bisa diperbarui sehingga dengan waktu yang terus berjalan suatu saat energi tersebut habis. Energi fosil merupakan salah satu energi yang belum dapat diperbarui dan masih sering digunakan dalam kehidupan.

Energi fosil berasal dari pembusukan organisme yang terjadi ratusan juta tahun. Energi fosil merupakan salah satu energi yang berasal dari perut bumi seperti gas

bumi, minyak, dan batu bara, sejalan dengan eksploitasi energi fosil yang dilakukan maka akan berdampak buruk pada rusaknya lingkungan. Sehingga dibutuhkan pengembangan energi alternatif yang terbarukan (Setyono dan Kiono, 2021).

Dengan alasan tersebut banyak negara-negara berusaha menemukan sumber energi yang baru, salah satunya adalah Termoelektrik Generator yang menggunakan bantuan energi panas matahari, dengan cara kerja menggunakan konduktivitas bahan logam yang berbeda suhu. Sehingga panas dari logam mengalami difusi dari sisi panas ke sisi dingin dan

menimbulkan medan listrik pada logam.

Penelitian pada panas matahari untuk memanaskan plat logam dan kemudian panas diterima oleh termoelektrik generator dibagian penerima panas. Dengan efek *seebeck* maka dua jenis logam yang berbeda dan perbedaan suhu dari kedua ujung logam akan menghasilkan listrik. Namun dalam penggunaan plat alumunium, kuningan, dan seng memiliki kekurangan yaitu suhu yang dihasilkan kurang maksimal. Untuk menambah tingkat penyerapan panas matahari, maka diperlukan pelapisan warna hitam pada media penghantar panas (Pradana dan Widartono, 2020).

Dengan permasalahan tersebut mendorong penelitian tentang "Peningkatan penyerapan panas matahari pada prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator menggunakan penghantar panas kuningan dengan pelapisan warna hitam".

Dengan adanya permasalahan tersebut dapat dirumuskan masalah 1) Bagaimana pengaruh pelapisan warna hitam pada media kuningan terhadap penyerapan panas matahari dan 2) Bagaimana perbandingan antara generator dengan penghantar kuningan tanpa pelapisan dan kuningan dengan pelapisan warna hitam

Pada Penelitian ini bertujuan untuk 1) Mengetahui pengaruh pelapisan warna hitam pada media kuningan terhadap penyerapan panas matahari sehingga penyerapan panas matahari dapat maksimal dan 2) Mengetahui perbandingan antara generator dengan penghantar kuningan tanpa pelapisan dan kuningan dengan pelapisan warna hitam.

Prototipe pembangkit listrik termoelektrik menggunakan sumber energi matahari yang diubah menjadi energi listrik. Energi matahari sendiri dapat didapatkan secara percuma, dan tergantung pengolahannya energi matahari dapat digunakan menjadi sesuatu yang baru semisal pemanas air menggunakan energi matahari dan pembangkit listrik tenaga matahari. Penelitian ini sebagai referensi pilihan pembangkit listrik terbarukan yang memanfaatkan energi matahari selain panel surya.

Energi terbarukan merupakan sumber energi yang berasal dari alam dan mampu untuk diperbarui terus-menerus, berbeda dengan energi tidak terbarukan yang berasal dari fosil hewan dan tanaman zaman purba yang akan habis suatu saat nanti, pada tahun 1970-an energi terbarukan mulai dikenalkan. Dengan adanya resiko kerusakan alam dan kehabisan bahan bakar ketika menggunakan energi tak terbarukan, ilmuwan mulai mengembangkan sumber energi terbarukan. Energi terbarukan mampu diciptakan dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yang semakin canggih, sehingga mampu menjadi sumber energi alternatif.

Dengan adanya energi terbarukan menjadikan energi tak terbarukan dapat ditekan penggunaannya (Diki, dkk, 2022).

Energi surya merupakan energi yang berasal dari proses penangkapan energi radiasi tenaga surya atau sinar matahari, kemudian mengubahnya menjadi listrik, panas, atau air panas. 1000 watt adalah energi yang diterima oleh bumi permeter persegi pada keadaan cuaca cerah. Untuk mengubah energi surya menjadi listrik dibutuhkan komponen yang cocok untuk mengkonversi energi dari matahari. Diperlukan solar panel untuk dapat merubah cahaya matahari menjadi tenaga listrik, sedangkan untuk mengubah panas matahari menjadi tenaga listrik diperlukan termoelektrik generator sebagai media konversi (Saiful Manan, 2009).

Energi panas merupakan energi yang dipindahkan dari satu benda ke benda lain sebagai akibat perbedaan suhu. Salah satu penghasil energi panas adalah matahari dan energi panas inti bumi, energi panas dari inti bumi disebabkan sisa panas saat pembentukan planet. selain sedangkan energi panas matahari yang didapat oleh bumi merupakan hasil dari proses radiasi panas. Selain energi panas. Dalam penggunaan energi panas tidak bisa dipisahkan dengan istilah kalor, energi yang berpindah bila kedua benda atau zat saling bersentuhan kemudian suhu yang lebih tinggi berpindah ke suhu yang lebih rendah merupakan definisi kalor. Suhu adalah penunjuk energi yang dimiliki oleh suatu benda, setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat (Wibowo dan Aribowo 2021).



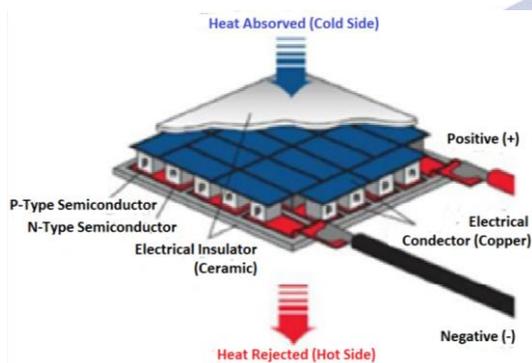
Gambar 1 Termoelektrik Generator

Thomas Johann Seebeck melakukan penelitian pada tahun 1821 dan menemukan teknologi bernama termoelektrik generator dan hingga kini dikenal dengan sebutan termoelektrik generator. Pada umumnya termoelektrik memiliki 2 tipe, pertama adalah tipe TEG (*Thermo Electric Generator*) yang mengubah perbedaan suhu diantara kedua sisi menjadi energi listrik, dan yang kedua adalah tipe TEC (*Thermo Electric Cooler*) yang

## Peningkatan Penyerapan Panas Matahari pada Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Kuningan dengan Pelapisan Warna Hitam

dimana digunakan sebagai pendingin dengan cara menyambung termoelektrik dengan sumber, satu sisi akan menghasilkan dingin dan sisi lain diberi saluran pembuangan untuk menghilangkan panas (Faleva, dkk, 2020).

Pada termoelektrik generator memiliki elemen yang terdiri dari semikonduktor tipe N (*Negative*) dan tipe P (*Positive*), diantaranya terdapat lapisan tembaga sebagai penghubung antar bahan semikonduktor. Sebuah material semikonduktor disebut tipe N apabila memiliki pembawa muatan yang bernilai negatif, sedangkan material semikonduktor disebut tipe P apabila memiliki pembawa muatan yang bernilai positif.



Gambar 2 Prinsip Kerja Termoelektrik Generator (Sumber : Harfi dan Suntajaya, 2020)

Proses konversi energi yang dilakukan termoelektrik generator dilakukan secara langsung dengan cara mengubah suhu panas untuk dijadikan energi listrik atau bahkan sebaliknya, material tipe P merupakan material dengan rendah elektron dan tipe N adalah material dengan tinggi elektron. Ketika material tipe P dan material tipe N yang ada pada termoelektrik diberikan suhu yang berbeda pada kedua sisinya maka elektron akan berpindah dari sisi panas ke sisi yang suhu yang lebih dingin dengan melalui tembaga yang ada diantara material tipe P dan material tipe N pada termoelektrik generator (Ginanjari, dkk, 2019).

Bagian dari termoelektrik tidak ada yang bergerak ataupun fluida yang mengalir sehingga termoelektrik disebut juga teknologi solid state. Untuk penggunaan modul termoelektrik sering digunakan untuk pendingin dan pembangkit listrik ramah lingkungan, penggunaan termoelektrik sebagai pendingin sering disebut dengan TEC dengan memanfaatkan efek termoelektrik, sedangkan kebalikan dengan termoelektrik sebagai pendingin yaitu TEG menjadi pembangkit listrik dengan memanfaatkan suhu yang berbeda diantara bagian panas (*hotside*) termoelektrik dan bagian dingin (*coldside*) termoelektrik (Prasetyo, dkk, 2019).

Perbedaan suhu yang diperoleh dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

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 dengan termoelektrik generator dapat dituliskan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

$P$  = Daya (watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Amper)

Efek *seebeck* adalah fenomena dimana terjadinya konversi energi dari selisih suhu yang berbeda diubah menjadi energi listrik, terjadinya efek *seebeck* ketika dua buah logam dengan beda temperatur disambungkan maka akan terjadi dua sambungan dalam satu *loop* yang menghasilkan beda potensial di antara kedua ujung logam. Arus listrik yang ditimbulkan oleh termoelektrik berbanding lurus dengan gradien suhu yang diterima antara sisi bagian panas dan sisi bagian dingin. Tidak ada energi lain yang menghambat proses konversi. Untuk sebuah alasan ini pembangkit listrik termal diklasifikasikan langsung sebagai daya konversi. Berbanding lurus dengan semakin tinggi suhu yang diperoleh, maka semakin tinggi pula energi listrik yang diciptakan oleh termoelektrik generator (Puspita, 2017).

Thermometer merupakan alat ukur untuk menghitung satuan besaran temperatur, dengan adanya perkembangan teknologi menciptakan terobosan baru berupa thermometer digital, untuk thermometer memiliki prinsip kerja menggunakan sifat pemuaian zat cair, pemuaian merupakan pertambahan volume suatu zat akibat bertambahnya suhu zat. Sama dengan thermometer terdahulu, thermometer digital juga menggunakan prinsip kerja pemuaian suatu zat, zat yang digunakan pada thermometer digital ialah logam sebagai sensor suhu yang kemudian pemuaiannya diterjemahkan oleh perangkat elektronik dan ditampilkan dalam bentuk angka pada LCD (*Liquid Crystal Display*) (Mahmud, dkk, 2013).

*Heatsink* adalah sebuah material yang berfungsi sebagai pengendali panas pasif yang terbuat dari aluminium ataupun tembaga, cara kerjanya adalah memperluas daerah penyerapan panas pada tempat yang bersentuhan dengan *heatsink* kemudian panas tersebut dibuang melalui sirip-sirip yang ada pada *heatsink*. *Heatsink* diperlukan pada termoelektrik sebab apabila

suhu panas dipertahankan konstan maka sisi dingin pada termoelektrik menyerap suhu panas secara konstan pula (Izidoro, dkk, 2017). Contoh plat kuningan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Plat Kuningan

Kuningan adalah paduan tembaga dan seng. Komponen utama kuningan adalah tembaga dengan presentase 55%-95% masa, dan kuningan biasanya diklasifikasikan sebagai paduan tembaga. Pengecoran (*foundry*) merupakan salah satu cara memperoleh kuningan. Perindustrian logam kecil dan besar sering menggunakan pengecoran untuk salah satu cara yang biasa digunakan proses membuat kuningan. Warna kuningan bervariasi dari coklat bergantung pada jumlahnya, dari kuning kemerahan tua hingga kuning agak keperakan tingkat seng. Kuningan lebih tahan lama dan keras dari tembaga, tapi tidak sekuat atau sekeras baja. Kuningan juga mudah untuk dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan, dengan penghantar panas yang baik umumnya tahan terhadap korosi air asin.

**METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dan menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dimana menggunakan pola berpikir deduktif (rasional-empiris) dengan tujuan untuk melakukan pengumpulan data berupa angka yang kemudian diverifikasi terhadap hipotesis dalam menguji kebenarannya. Dalam hal ini dilakukan pengujian alat untuk mengukur suhu penghantar, tegangan, dan arus dengan beban resistor sebesar 22Ω .

Penelitian ini membuat prototipe pembangkit listrik menggunakan termoelektrik generator untuk mengetahui pengaruh *output* yang dihasilkan oleh termoelektrik generator pada perbedaan suhu panas yang didapat dari warna penghantar panas yang berbeda. Penelitian ini menampilkan hasil *output* terbaik dengan membandingkan satu penghantar dengan warna yang berbeda, konduktor yang digunakan adalah kuningan dengan warna asli yaitu kuning dan kuningan dengan pelapisan warna hitam serta sambungan yang dipakai adalah seri.

**Spesifikasi Alat dan Bahan**

Pada Penelitian ini menggunakan alat yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Kebutuhan Alat

No	Nama Alat	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1	Multi Meter	Merk : CELKIT Max range voltage : 1000VDC atau 700VAC Power : 9V baterai Ukuran : 31.5x91x189mm	Buah	1
2	Thermometer Digital	Ukuran : 47x28x14mm Suhu operasi : -50 sampai 110 Tipe baterai : LR44	Buah	2
3	Tang Kombinasi	Merk : PAORI Ukuran : 6 Inch	Buah	1

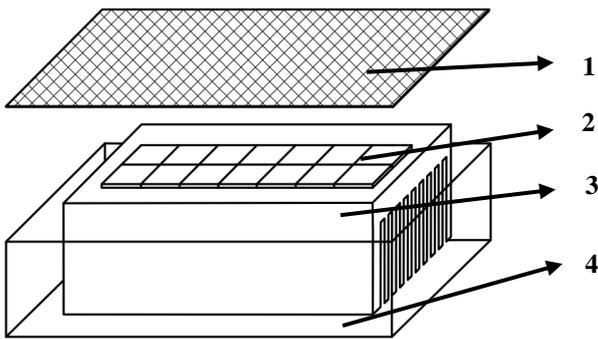
Penelitian ini menggunakan multimeter sebagai alat ukur tegangan dan arus, menggunakan merek CELKIT dengan batas maksimal tegangan 1000VDC dan 750VAC, batas maksimal arus 10 DC Amper. Penggunaan thermometer dengan tipe sensor *Negative Temperature Coefficient* (10K/3435) dan memiliki ketelitian sensor 0,1°C. digital dengan suhu operasi -50°C sampai 110°C. Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kebutuhan Bahan

No	Nama Bahan	Spesifikasi	Satuan	Jumlah
1	Termo elektrik Generator	Model : TEC1-12706 Ukuran : 4x4 cm Operasi tegangan dan arus : 0-15,2V dan 0-6A Suhu operasi : -30 sampai 70 Max konsumsi daya : 60 Watt	Buah	8
2	Kuningan	40x50	Cm	1
3	Cat	Hitam	Buah	1
4	Heatsink	12x30	Cm	2
5	Wadah Air	40x50x25	Cm	1

Bahan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan termoelektrik dengan model TEC1-12706 dan tegangan keluarannya 0-15V serta arus keluaran 0-6A, konsumsi daya sebesar 60Watt dan beroperasi pada suhu -30°C sampai 70°C. Menggunakan dua lembar kuningan berukuran 50x40 cm dan cat hitam pada salah satu kuningan. *Heatsink* yang digunakan berukuran 12x30 cm berjumlah 2 buah dan wadah air berukuran 40x50x25 cm. Desain dan penjelasan prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator dapat dilihat pada Gambar 4.

## Peningkatan Penyerapan Panas Matahari pada Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Kuningan dengan Pelapisan Warna Hitam



**Gambar 4** Desain Alat Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator

Gambar 4 adalah desain alat prototipe pembangkit listrik termoelektrik generator menggunakan penghantar panas kuningan dengan pelapisan warna hitam beserta bagian-bagiannya :

1. Plat kuningan sebagai media penerima panas matahari.
2. Modul termoelektrik generator berjumlah 8 buah sebagai pengkonversi perbedaan suhu menjadi daya listrik.
3. *Heatsink* dengan bahan aluminium sebagai media pendingin untuk suhu dingin pada sisi termoelektrik.
4. Wadah air yang terbuat dari akrilik sebagai media penampung air.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan termoelektrik berjumlah 8 buah dengan tipe TEC1-12706. Penghantar panas diletakkan diatas sisi panas termoelektrik generator. Penghantar panas berupa plat kuningan tanpa pelapisan warna hitam dan plat kuningan dengan pelapisan warna hitam bergantian sesuai dengan kebutuhan penelitian.

*Heatsink* diletakkan di bawah sisi dingin termoelektrik generator. *Heatsink* direndam pada air agar suhu dingin yang didapat lebih rendah. Selisih suhu yang dihasilkan dikonversi menjadi energi listrik. Semakin tinggi selisih suhu yang didapat maka *output* daya yang dihasilkan oleh termoelektrik semakin tinggi.

Pengukuran suhu yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan thermometer digital diletakkan pada bagian panas yaitu penghantar kuningan dan pada bagian dingin yaitu *heatsink*. Untuk mengukur tegangan dan arus menggunakan alat ukur multimeter digital. Pengukuran arus menggunakan beban resistor sebesar  $22\Omega$ . Hasil yang didapat dicatat dan dianalisa sehingga mendapat hasil terbaik. Penelitian ini berlangsung selama 4 hari dengan memperhatikan cuaca di *rooftop* gedung A8 Universitas Negeri Surabaya dengan 2 keadaan, yaitu :

1. Menggunakan kuningan sebagai penghantar panas dan termoelektrik generator disambungkan seri.

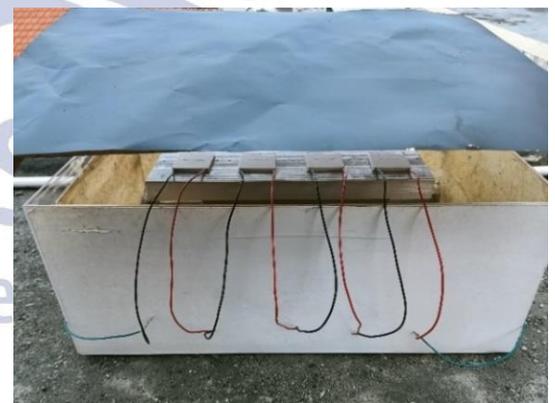
2. Menggunakan penghantar panas kuningan dengan pelapisan warna hitam dan termoelektrik generator disambungkan secara seri.

Contoh termoelektrik generator yang disambungkan secara seri dan kuningan sebagai penghantar panas dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5** Termoelektrik Disambung Seri Dengan Menggunakan Kuningan..

Gambar 5 menunjukkan prototipe pembangkit listrik termoelektrik yang disambungkan seri dan menggunakan kuningan sebagai konduktor. Termoelektrik generator disambungkan secara seri bisa meningkatkan nilai tegangan yang dihasilkan. Sedangkan untuk contoh Gambar termoelektrik dirangkai seri dan menggunakan penghantar panas kuningan berlapis warna hitam dapat dilihat pada Gambar 6.



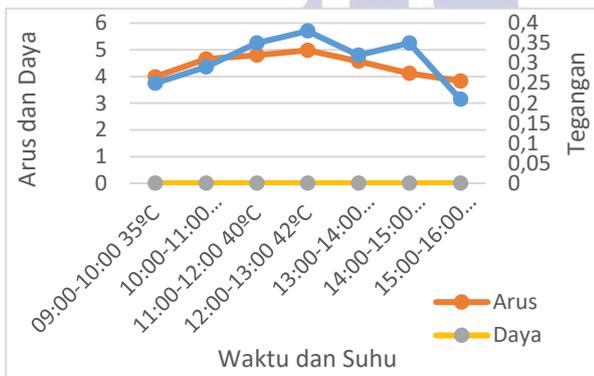
**Gambar 6** Termoelektrik Disambung Seri Dengan Menggunakan Kuningan Berlapis Warna Hitam

Penggunaan warna hitam pada penghantar panas kuningan dapat meningkatkan penyerapan panas matahari. Tabel 3 adalah hasil pengambilan data termoelektrik yang disambungkan seri dan kuningan sebagai penghantar panas. .

Tabel 3 Termoelektrik disambungkan secara seri menggunakan kuningan sebagai penghantar panas.

Pukul	V (V)	I (mA)	P (W)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)
09:00-10:00	0,25	3,98	0,000995	35	32,8	2,2
10:00-11:00	0,29	4,65	0,001348	39,6	33,9	5,7
11:00-12:00	0,35	4,80	0,001728	40	33,1	6,9
12:00-13:00	0,38	4,98	0,001892	42	34,1	7,9
13:00-14:00	0,32	4,57	0,001462	39,5	33	6,5
14:00-15:00	0,35	4,11	0,001438	35,5	33	2,5
15:00-16:00	0,21	3,83	0,000804	35,2	32,2	2

Grafik Perbandingan Nilai Tegangan, Arus, dan Daya Tabel 3 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan, Arus, dan Daya Tabel 3

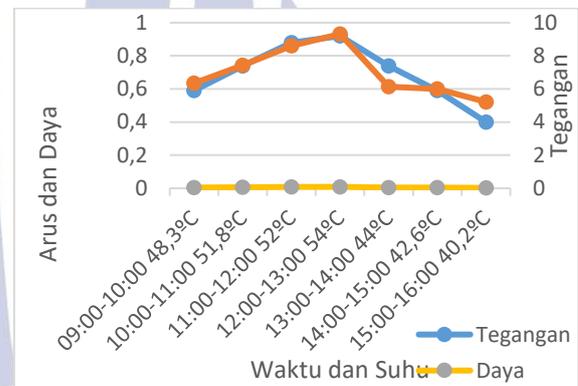
Tabel 3 adalah hasil dari pengambilan data termoelektrik disambungkan seri dan kuningan sebagai penghantar panas. Tabel 3 menunjukkan hasil pengambilan data selisih suhu antara kuningan dan *heatsink* paling tinggi yaitu 7,9°C pada pukul 12:00-13:00. Perolehan daya sebesar 0,001892 Watt pada pukul 12:00-13:00. Didapat nilai tegangan tinggi disebabkan rangkaian seri merupakan rangkaian yang dapat meningkatkan tegangan.

Tabel 4 hasil pengambilan data termoelektrik yang disambungkan seri dan kuningan dengan pelapisan warna hitam sebagai penghantar panas. Tabel 4 adalah hasil dari pengambilan data termoelektrik disambungkan seri dan kuningan berlapis warna hitam sebagai penghantar panas. Perolehan data selisih suhu antara kuningan dan *heatsink* paling tinggi sebesar 19,9°C pada pukul 12:00-13:00. Suhu meningkat dibandingkan dengan kuningan disebabkan pelapisan warna yang membuat penyerapan panas semakin besar. Perolehan daya paling tinggi sebesar 0,008574 Watt pada pukul 12:00-13:00.

Tabel 4 Termoelektrik disambungkan secara seri menggunakan kuningan berlapis warna hitam sebagai penghantar panas.

Pukul	V (V)	I (mA)	P (W)	Th (°C)	Tc (°C)	ΔT (°C)
09:00-10:00	0,59	6,34	0,003740	48,3	36,5	11,8
10:00-11:00	0,74	7,42	0,005490	51,8	33	18,8
11:00-12:00	0,88	8,61	0,007576	52	33,6	18,4
12:00-13:00	0,92	9,32	0,008574	54	34,1	19,9
13:00-14:00	0,74	6,13	0,004536	44	33,6	10,4
14:00-15:00	0,59	6,01	0,003545	42,6	32,4	10,2
15:00-16:00	0,40	5,22	0,002088	40,2	32,2	8

Grafik Perbandingan Nilai Tegangan, Arus, dan Daya Tabel 4 dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Grafik Perbandingan Nilai Tegangan, Arus, dan Daya Tabel 4

Dari tabel 3 dan 4 daya dan selisih suhu antara penghantar panas kuningan dan *heatsink* mencapai titik tertinggi pada pukul 12:00-13:00. Pada tabel 3 menghasilkan daya 0,001892 Watt, dan selisih suhu 7,9°C. Pada tabel 4 menghasilkan daya 0,008574 Watt, dan selisih suhu 19,9°C.

Hasil penelitian ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang relevan dengan judul “Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan, dan Seng” (Pradana dan Widartono, 2020). Dalam hal penyerapan panas plat kuningan merupakan jenis logam dengan penyerapan panas berada di bawah aluminium dan seng. Menyimpulkan bahwa pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan logam aluminium, seng, dan kuningan tanpa pelapisan warna hitam yang menyebabkan kurangnya optimalisasi dalam penyerapan panas. Dalam penggunaannya bahan kuningan lebih tahan lama dibanding dengan seng dan aluminium yang dapat terkena karat dan korosi.

# Peningkatan Penyerapan Panas Matahari pada Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Kuningan dengan Pelapisan Warna Hitam

## PENUTUP

### Simpulan

Pengambilan data yang dilakukan berlangsung selama 4 hari dengan memperhatikan cuaca, dapat diambil kesimpulan bahwa 1) Pelapisan warna hitam pada penghantar panas kuningan sangat berpengaruh terhadap penyerapan panas matahari dan dapat meningkatkan optimalisasi penyerapan panas bila dibandingkan dengan penghantar panas kuningan tanpa pelapisan warna hitam. 2) Dengan menggunakan penghantar panas kuningan berlapis warna hitam selisih suhu yang dihasilkan semakin tinggi yang menyebabkan *output* daya dari termoelektrik generator semakin tinggi. Suhu paling tinggi yang dihasilkan oleh penghantar kuningan adalah 7.9°C pada hari pertama pukul 12:00-13:00, dan suhu paling tinggi yang dihasilkan oleh penghantar kuningan dengan pelapisan warna hitam adalah 19.9°C pada hari ke-3 pukul 12:00-13:00.

Prototipe pembangkit listrik termoelektrik menghasilkan *output* tinggi ketika termoelektrik dirangkai secara seri. Hasil paling tinggi dengan kuningan sebagai penghantar panas dan termoelektrik disambungkan seri adalah tegangan sebesar 0.38V, arus sebesar 4,98mA, dan daya sebesar 0,001892 Watt pada hari pertama pukul 12:00-13:00, dan pada penghantar panas kuningan berlapis warna hitam didapat hasil paling tinggi adalah tegangan sebesar 0.92V, arus sebesar 9,32mA, dan daya sebesar 0,008574 Watt pada hari ke-3 pukul 12:00-13:00.

### Saran

Berdasarkan hasil pengambilan data yang telah dilakukan terdapat beberapa saran agar suhu yang diterima termoelektrik lebih optimal. Untuk mendapatkan suhu air yang lebih rendah dapat dilakukan dengan menggunakan sistem pendingin yg lebih cocok seperti pompa air untuk sirkulasi. Dan untuk menghasilkan suhu penghantar lebih tinggi dapat menggunakan pemusat cahaya agar panas yang diterima lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Diki. Mohamad, Hadi. Charis Fathul, Lestari. Riska Fita, dan Nalandari. Rezki. 2022. *Pemanfaatan Termoelektrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Journal Zetroem, 4(1), 23-25.
- Faleva. Muhammad Reza, Santoso. Dian Budhi, dan Nurpulaela. Lela. 2020. *Sistem Monitoring Energi Listrik pada Kompor Penghasil Listrik dengan Teknologi Internet Of Things (Koliss-Iot)*. Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan (E-Journal), 7(2), 857- 865.

- GINANJAR, HIENDRO. AYONG, dan SURYANDI. DEDY. 2019. *Perancangan dan Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Berbasis Termoelektrik dengan Menggunakan Kompor Surya Sebagai Media Pemusat Panas*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 2(1).
- HARFI. RAZUL dan SUNTAJAYA. BODHI JANTO. 2020. *Perancangan dan Analisa Alat Pengubah Energi Panas Menjadi Energi Listrik dengan Prototipe Thermo Electric Generator dengan Varian Fluid Panas dan Fluida Dingin*. Jurnal Presisi, Vol. 22 No. 1, 1-9
- IZIDORO. C. L., JUNIOR, O. A., CARMO, J. P., and SCHAEFFER, L. 2017. *Characterization Of Thermoelectric Generator For Energy Harvesting*. Jurnal Measurement, Vol 106, 283-290.
- MAHMUD. K., ALAM, M. S., and GHOSH, R. 2013. *Design Of Digital Thermometer Based On PIC16F77A Single Chip Microcontroller*. In 2013 3rd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks. (pp. 246- 249). IEEE.
- MANAN. SAIFUL. 2009. *Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Efisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia*. Gema Teknologi, 31-35.
- PRADANA. MUHAMMAD ADY dan WIDIARTONO. MAHENDRA 2020. *Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan dan Seng*. Jurnal Teknik Elektro UNESA, 9(2), 251-258
- PRASETYO. YULI, SALIM. ALFI TRANGGONO AGUS, INDARTO. BACHTERA, SULISTYONO, PANGESTU. MUHAMMAD AJI, HABIBI. MUHAMMAD RUSTON, CAHYANTO. MUHAMMAD NUR, dan RAFI. HILMAN. 2019. *Karakteristik Termo-elektrik TEC Bervariasi Tipe dengan Variasi Pembebanan Resistor*. J. Energi dan Teknologi. Manufaktur, 2(01), 37-41.
- PUSPITA. SHANTI CANDRA. 2017. *Generator Termoelektrik Untuk Pengisian Aki*. JFA (Jurnal Fisika dan Aplikasinya), 13(2), 84-87.
- SETYONO. AGUS EKO dan KIONO. BERKAH FAJAR TAMTOMO. 2021. *Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020– 2050*. Jurnal Energi Baru dan Terbarukan, 2(3), 154-162.
- WIBOWO. NAUFAL TRI dan ARIBOWO. WIDI (2021). *Rancang Bangun Thermoelectric Generator Sebagai Pembangkit Listrik Dengan Memanfaatkan Panas Matahari*. Jurnal Teknik Elektro UNESA, 10(1), 127-136.