

# Hybrid Generator Thermoelektrik Panel Surya Thin Film Sf 170-S Cis 170 Watt Pada Plts 1 Mw Cirata

Fathana Salsa Hayani<sup>1</sup>, Arnisa Stefanie<sup>2</sup>, Insani Abdi Bangsa<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program studi Teknik Elektro, Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Kec. Telukjambe Tim., Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361

**Abstrak**— New and renewable energy has an important role in meeting the needs of environmentally friendly energy. Indonesia is on the equator, which is blessed with abundant solar energy. Most of the use of solar energy using solar panels. In this study, the utilization of solar energy utilizes a thin solar panel thermoelectric generator hybrid SF 170-S CIS 170 Watt. By utilizing the difference in temperature to generate electricity, namely the hot temperature of solar radiation and air temperature, besides this this hybrid makes it more varied and optimal in the utilization of solar power. From one module installed with 1 TEG SP1848 module, the energy obtained is 83.56 kWh per day in peak hours, and the equal sun hour is about 4 hours, then the energy obtained is 334.24 kWh per day.

**Keywords:** New and renewable energy, Solar Energy, solar panels, Thermoelectric Generator

**Intisari**— Energi baru dan terbarukan (EBT) mempunyai peran penting dalam memenuhi kebutuhan energy yang ramah lingkungan. Indonesia berada pada jalur khatulistiwa yang diberkahi energy matahari berlimpah. Sebagian besar pemanfaatan energy surya menggunakan panel surya. Pada penelitian ini pemanfaatan energy surya ini memanfaatkan hybrid generator thermoelektrik panel surya thin SF 170-S CIS 170 Watt. Dengan memanfaatkan perbedaan suhu untuk menghasilkan listrik, yakni suhu panas radiasi matahari dengan suhu udara, selain itu hybrid ini menjadikan lebih variatif dan optimal dalam pemanfaatan tenaga surya ini. dari satu modul yang dipasag 1 modul TEG SP1848 diperoleh energy sebesar 83,56 kWh per hari dalam waktu peak hour, dan equal sun hour sekitar 4 jam maka diperoleh energy 334,24kWh perharinya.

**Kata Kunci:** EBT, Energi Surya, Panel Surya, Thermoelectric Generator

## I. PENDAHULUAN

Emisi Rumah Kaca dalam pemanfaatan energi fosil dalam produksi listrik mengalami peningkatan yang signifikan, oleh sebab itu energi photovoltaic merupakan salah satu solusi yang banyak digunakan sebagai energi yang ramah lingkungan.

Berdasarkan hasil proyeksi, bauran energi primer skenario Business as Usual (BaU) pada tahun 2025 pangsa EBT 36%, minyak 19%, gas 21%, dan batubara 24%. Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Surya (PLTS) ini termasuk didalam bagian EBT.

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon. Photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Indonesia berada di garis katulistiwa yang membuat kepulauan kita disinari oleh cahaya matahari selama 10 sampai 12 jam perharinya. Pemanfaatan sumber energi matahari sangat mendukung di kepulauan tropis ini, hanya saja dalam 10 atau 12 jam tidak semuanya dalam keadaan cerah, terkadang cuaca sering kali tidak stabil dalam arti kondisi mendung, berawan, dan hujan.

Jenis modul PV yang digunakan pada PLTS 1 MW Cirata ini adalah Thin Film yang memiliki efisiensi sekitar 19,5%, efisiensi yang tertinggi dibanding tipe modul PV jenis yang lain (kristalin). Dalam penyerapan ini tersisa sekitar 80,5% energi yang tidak dapat diserap dan dipantulkan kembali.

### a. Tinjauan pustaka dan teori

#### 1.1. EBT (Energi Baru Terbarukan)

Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mini/micro hydro sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW. Data potensi EBT terbaru disampaikan Direktur Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi dalam acara *Focus Group Discussion* tentang *Supply-Demand* Energi Baru Terbarukan yang belum lama ini diselenggarakan Pusdatin ESDM.

Saat ini pengembangan EBT mengacu kepada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam Perpres disebutkan kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 17% dengan komposisi Bahan Bakar Nabati sebesar 5%, Panas Bumi 5%, Biomasa, Nuklir, Air, Surya, dan Angin 5%, serta batubara yang dicairkan sebesar 2%. Untuk itu langkah-langkah yang akan diambil Pemerintah adalah menambah kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Mikro Hidro menjadi 2,846 MW pada tahun 2025, kapasitas terpasang Biomasa 180 MW pada tahun 2020, kapasitas terpasang angin (PLT Bayu) sebesar 0,97 GW pada tahun 2025, surya 0,87 GW pada tahun 2024, dan nuklir 4,2

GW pada tahun 2024. Total investasi yang diserap pengembangan EBT sampai tahun 2025 diproyeksikan sebesar 13,197 juta USD.

Pengembangan energi surya mencakup pemanfaatan PLTS di pedesaan dan perkotaan, mendorong komersialisasi PLTS dengan memaksimalkan keterlibatan swasta, mengembangkan industri PLTS dalam negeri, dan mendorong terciptanya sistem dan pola pendanaan yang efisien dengan melibatkan dunia perbankan.

**1.1.1. Definisi PLTS**

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang menggunakan sinar surya sebagai energi penghasil listrik dengan mengubah energi surya menjadi energi listrik, PLTS menggunakan panel surya sebagai media untuk menyerap energi cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik, PLTS merupakan sebuah pembangkit dengan tidak mengeluarkan emisi pada proses pembangkitannya, sistem PLTS pada dasarnya terbagi menjadi dua yaitu on grid dan off grid, berikut penjelasan mengenai sistem PLTS.

**a. PLTS On Grid**

Berdasarkan defisinya PLTS on-grid adalah sistem PLTS yang hanya akan menghasilkan listrik ketika terdapat listrik dari dari grid (PLN). PLTS akan mengirimkan kelebihan produksi listrik yang dihasilkan ke PLN, sehingga memungkinkan proses jual-beli (ekspor-impor) listrik atau dapat dikreditkan untuk pemakaian listrik selanjutnya. Namun perlu diperhatikan dalam proses ekspor-impor listrik ini memerlukan meteran listrik khusus, yakni net metering. PLN sendiri telah menyediakan net metering yang dapat menunjang proses ekspor-impor listrik dari PLTS ke jaringan listrik PLN.

Sistem on-grid ini termasuk sistem PLTS yang sederhana serta merupakan sistem yang efektif dalam segi biaya. Komponen utama dalam PLTS on-grid adalah panel surya serta inverter. Sistem on-grid dapat secara langsung mengimbangi tagihan listrik. Namun sistem ini memiliki kekurangan yakni jika terdapat mati listrik dari PLN maka hunian juga akan mengalami mati listrik, mengingat dalam pembangkitannya PLTS on-grid bergantung dari listrik PLN untuk dapat menggenerasi listrik.



Gbr 1.1 Sistem PLTS On Grid (pt. bina lintas usaha ekonomi, 2018)

**b. PLTS Off Grid**

PLTS Off Grid merupakan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk daerah-daerah terpencil/pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN, PLTS Off grid biasanya digunakan untuk skala residential atau skala perumahan secara sistem PLTS off grid tidak jauh berbeda dengan PLTS on grid.

Kelebihan sistem Off Grid rangkaian sederhana dan dapat digunakan untuk konsumsi listrik skala perumahan, selain memiliki kelebihan sistem PLTS Off grid juga memiliki kekurangan yaitu komponen yang digunakan lebih banyak khususnya pada baterai.



Gbr 1.2 Sistem OFF GRID (pt. bina lintas usaha ekonomi, 2018)

**c. PLTS Hybrid**

Sistem pembangkit listrik *hybrid* didefinisikan sebagai suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang menggabungkan dua atau lebih pembangkit dalam sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk *isolatedgrid*, sehingga diperoleh sinergi penerapannya dapat menghasilkan keuntungan ekonomis maupun teknis.

**1.2. Deskripsi Umum Sel Surya (Solar Cell)**

Sel Surya atau Solar Cell adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Yang dimaksud dengan Efek Photovoltaic adalah suatu fenomena dimana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Oleh karena itu, Sel Surya atau Solar Cell sering disebut juga dengan Sel Photovoltaic (PV). Efek Photovoltaic ini ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839.

Arus listrik timbul karena adanya energi foton cahaya matahari yang diterimanya berhasil membebaskan elektron-elektron dalam sambungan semikonduktor tipe N dan tipe P untuk mengalir. Sama seperti dioda foto (Photodiode), sel surya atau solar cell ini

juga memiliki kaki Positif dan kaki negatif yang terhubung ke rangkaian atau perangkat yang memerlukan sumber listrik. Pada dasarnya, sel surya merupakan dioda foto (Photodiode) yang memiliki permukaan yang sangat besar. Permukaan luas sel surya tersebut menjadikan perangkat sel surya ini lebih sensitif terhadap cahaya yang masuk dan menghasilkan Tegangan dan arus yang lebih kuat dari dioda foto pada umumnya.

Contohnya, sebuah sel surya yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon mampu menghasilkan tegangan setinggi 0,5V dan Arus setinggi 0,1A saat terkena (expose) cahaya matahari.

### 1.3. Prinsip Kerja Sel Surya (Solar Cell)

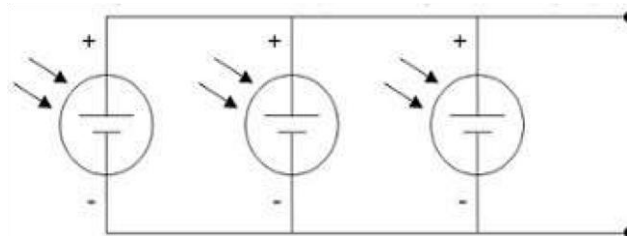
Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan Foton. Ketika terkena sinar Matahari, Foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. Atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan Positif (+).

Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai Pendorong elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan Semikonduktor tipe N (N-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan Hole bersifat Positif dan bertindak sebagai Penerima (Acceptor) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type).

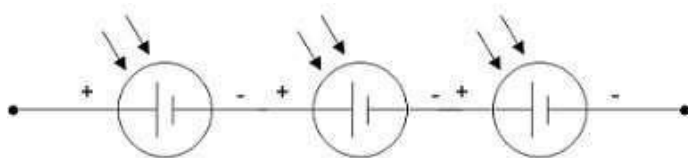
Di persimpangan daerah Positif dan Negatif (PN Junction), akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah Negatif sedangkan Hole akan bergerak menjauhi daerah Positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di Persimpangan Positif dan Negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan Arus Listrik.

#### 1.3.1. Rangkaian Seri dan Paralel Sel Surya (Solar Cell)

Seperti Baterai, Sel Surya juga dapat dirangkai secara Seri maupun Paralel. Pada umumnya, setiap Sel Surya menghasilkan Tegangan sebesar 0,45 ~ 0,5V dan arus listrik sebesar 0,1A pada saat menerima sinar cahaya yang terang. Sama halnya dengan Baterai, Sel Surya yang dirangkai secara Seri akan meningkatkan Tegangan (Voltage) sedangkan Sel Surya yang dirangkai secara Paralel akan meningkatkan Arus (Current).



Gbr 1.3 Rangkaian Paralel Sel Surya- Meningkatkan Arus (AAB QT Vol 10 P.12, 2010)



Gbr 1.4 Rangkaian Seri Sel Surya – Meningkatkan Tegangan (AAB QT Vol 10 P.12, 2010)

#### a. Crystalline Silikon (c-Si)

Teknologi pertama yang dikembangkan oleh para peneliti adalah teknologi yang menggunakan bahan silikon kristal tunggal. Teknologi ini mampu menghasilkan sel surya dengan efisiensi yang sangat tinggi. Teknologi crystalline silikon (c-Si) dibagi menjadi dua yaitu monocrystalline dan multicrystalline (poly-crystalline).



Gbr 1.5 Panel Monocrystalline silikon (AAB QT Vol 10 P.12, 2010)

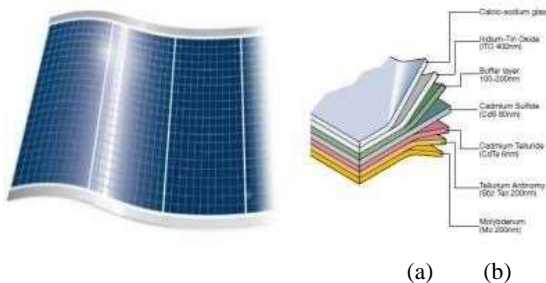
Polycrystalline terbuat dari batang silikon yang dihasilkan dengan cara dilelehkan dan dicetak oleh pipa paralel, lalu wafers sel surya ini biasanya berbentuk persegi dengan ketebalan 180-300 μm. Polycrystalline dibuat dengan tujuan untuk menurunkan harga produksi, sehingga memperoleh sel surya dengan harga yang lebih murah, namun tingkat efisiensi sel surya ini tidak lebih baik dari polycrystalline yaitu sebesar 12-14%.



Gbr 1.6 Panel Polycrystalline Silikon (ABB QT Vol. 10 P. 12, 2010)

b. Lapisan Tipis (Thin Film)

Teknologi kedua adalah sel surya yang dibuat dengan teknologi lapisan tipis (thin film). Teknologi pembuatan sel surya dengan lapisan tipis ini dimaksudkan untuk mengurangi biaya pembuatan solar sel dimana teknologi ini hanya menggunakan kurang dari 1% dari bahan baku silikon jika dibandingkan dengan bahan baku untuk tipe monocrystalline. Metode yang paling sering dipakai dalam pembuatan silikon jenis lapisan tipis ini adalah dengan plasmaenhanced chemical vapor deposition (PEVCD) dari gas silane dan hidrogen. Lapisan yang dibuat dengan metode ini menghasilkan silikon yang tidak memiliki arah orientasi kristal atau yang dikenal sebagai amorphous silikon (non kristal). Selain menggunakan material dari silikon, sel surya lapisan tipis juga dibuat dari bahan semikonduktor lainnya yang memiliki efisiensi solar sel tinggi seperti Cadmium Telluride (Cd Te) Amorphous Silikon (a- Si), Cadmium Sulfide (CdS), Gallium Arsenide (GaAs), Copper Indium Selenide (CIS), dan Copper Indium Gallium Selenide (CIGS). Efisiensi tertinggi saat ini yang bisa dihasilkan oleh jenis solar sel lapisan tipis ini adalah sebesar 19,5% yang berasal dari solar sel CIGS. Keunggulan lainnya dengan menggunakan tipe lapisan tipis adalah semikonduktor sebagai lapisan solar sel bisa dideposisi pada substrat yang lentur sehingga menghasilkan device solar sel yang fleksibel.

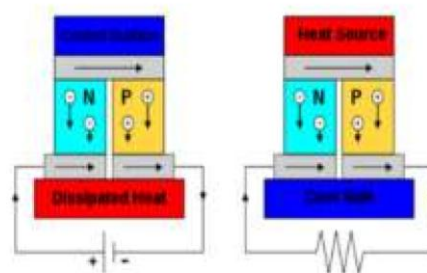


Gbr 1.7 (a) Panel Suryajenis thin film

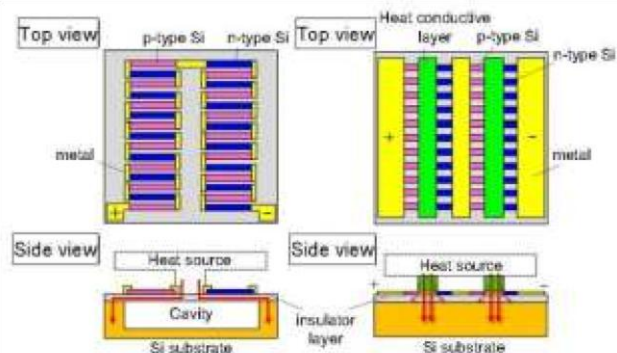
(b) struktur thin film dengan bahan CdTe-CdS (Anak Agung Gede, 2016)

1.4. Generator Termoelektrik

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 Peltier dan sebagai generator termoelektrik atau biasa disebut dengan TEG yang berfungsi sebagai generator termoelektrik atau biasa disebut sebagai TEG yang berfungsi sebagai pembangkit listrik dengan menerapkan efek Seebeck.



Gbr 1.8 Modul termoelektrik sebagai pendingin atau TEC dan generator termoelektrik (Joessianto Eko, 2020)



Gbr 1.9 Susunan lapisan generator termoelektrik (Andri Yulianto, 2018)

Pembangkit listrik termoelektrik didasarkan pada efek Seebeck yang menyatakan bahwa jika kalor diberikan kepada sebuah sirkuit pada junction atau penghubung dari dua konduktor berbeda, maka akan terjadi arus. Thomas Johann Seebeck meneliti bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan sebanding dengan perbedaan

temperaturnya dan bergantung pada tipe dari meterial konduksinya, namun tidak berpengaruh oleh distribusi temperatur pada sepanjang konduktornya. Koefisien Seebeck adalah besarnya tegangan yang dihasilkan pada sirkuit terbuka diantara dua titik pada sebuah konduktor ketika diberikan perbedaan temperatur yang sama sebesar 1K diantara kedua titik tersebut.

TEG sederhana terdiri atas termokopel yang tersusun dari elemen n-type dan p-type yang terhubung dengan susunan seri secara elektrik dan susunan parallel secara termal seperti yang ditunjukkan pada gambar. Elemen n-type merupakan elemen yang terdiri dari material dengan kelebihan elektron, sedangkan elemen p-type adalah elemen yang terdiri dari material yang kekurangan elektron. Panas diberikan pada satu sisi dan kemudian dibuang pada sisi lainnya. Hal ini akan menghasilkan tegangan terhadap pasangan termoelektrik tersebut. Besarnya tegangan yang dihasilkan akan sebanding dengan gradien temperatur.

Salah satu potensi dari pemanfaatan thermoelectric generator adalah mengkonversikan kalor yang rendah menjadi listrik. Sebagai contoh misalnya perbedaan antara temperatur udara yang mengalir sehari-hari dengan temperatur tanah yang relative konstan. Karena pada kasus seperti ini efisiensi termodinamikanya rendah, maka yang perlu dilakukan dalam membangkitkan listrik adalah dengan memindahkan jumlah kalor yang besar agar menghasilkan daya listrik yang lebih besar.

Persamaan rumus kapasitas kalor

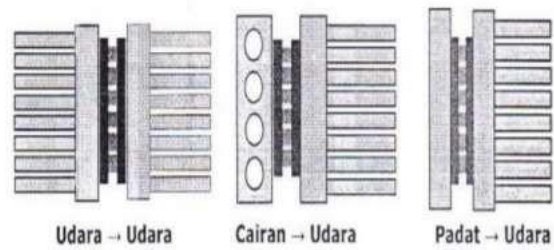
$$Q = mx Cx \Delta T \tag{2.1}$$

Persamaan rumus energi

$$E = Pxhour \tag{2.2}$$

Efisiensi maksimal dari modul termoelektrik sebagai pembangkit listrik (TEG) dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta_{max} = \left[ \frac{T_h - T_c}{T_h} \right] \left[ \frac{(1 - Z^*T)^{\frac{1}{2}} - 1}{(1 - Z^*T)^{\frac{1}{2}} + 1} \right] \tag{2.3}$$



Gbr 1.10 Desain generator termoelektrik dengan heatsink (Ginjar, 2019)

Penggunaan heatsink sangat perlu dalam penggunaan generator termoelektrik ini, karena heatsink sangat berguna untuk proses pembuangan panas dari hot side ke cold side dan berfungsi sebagai penjaga suhu di bagian cold side.

1.5. Modul TEG SP1848



Gbr 1.11 Modul TEG (Marlow Industries, 2002)

Tabel 3.5 Spesifikasi Modul TEG SP1848

Hot Side Temperature (°C)	27°C	50°C
Δ Tmax (°C-dry N <sub>2</sub> ):	62.0	70.6
Qmax (watts):	21.3	23.6
Imax (amps):	9.36	9.24
Vmax(vdc):	3.48	3.88
AC Resistance (ohms):	0.323	---

Sumber : (Marlow Industries, 2002)

II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada penelitian di PLTS PT. PJB (Pembangkitan Jawa-Bali) ini menggunakan beberapa metode,

diantaranya yaitu : Tinjauan Pustaka, Survey, pengumpulan data, Perancangan pada jurnal.

1. Tinjauan Pustaka

Melakukan tinjauan pustaka terhadap beberapa referensi yang terkait.

2. Survey

Melakukan pengamatan langsung dilapangan dan mengamati bagaimana bentuk alat yang digunakan, apa saja fasilitas yang disediakan oleh alat tersebut, bagaimana karakteristik alat tersebut, dan bagaimana penggunaan dari alat tersebut.

3. Pengumpulan data

Mengamati dan mencatat data frekuensi yang digunakan pada sistem utama maupun sistem back-up, berbagai masalah yang timbul, serta beberapa fasilitas yang terdapat pada tiap bagian.

4. Pembuatan

Penggabungan hasil yang telah dicapai dari mulai tinjauan pustaka, survey, pengumpulan data, dan perancangan sehingga menjadi sebuah laporan yang baik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Laporan penelitian ini membahas tentang inovasi Generator Termoelektrik untuk memaksimalkan hasil output panel surya Jenis Thin Film di PLTS PT. Pembangkitan Jawa-Bali Divisi EBT. Sesuai dengan prinsip kerja generator termoelektrik tersebut, generator termoelektrik menyerap panas dan mengubahnya menjadi tegangan. Modul TEG SP1848 memiliki efisiensi lebih bagus untuk pembangkit dan mampu menghasilkan 4,8 V 669 mA jika perbedaan kedua sisi mencapai 100 derajat. Dalam Pembangkitan PLTS CIRATA dapat digunakan generator termoelektrik untuk memanfaatkan sisa energi panas yang dihasilkan oleh panel surya, berikut adalah data suhu yang didapat selama 3 hari yang diambil dari bawah panel surya saat *peak our*.

Tabel 4.1 Data Suhu Dibawah Panel Surya Saat *Peak Hour*

Tanggal	Jam	Suhu Lingkungan	Suhu bawah panel	ΔT
10 Februari 2020	11.39	26°C	64,6°C	38,6°C
11 Februari 2020	11.39	25°C	67,2°C	42,2°C
12 Februari 2020	11.41	26°C	67,8°C	41,8°C
Rata-rata perbedaan suhu (hot side dan suhu ambient lingkungan)				40,87°C

Dari suhu yang diambil, rata-rata perbedaan antara suhu panel surya dengan suhu lingkungan pada puncaknya sekitar 40,87°C. Jika suhu ratarata tersebut dihitung sesuai dengan spesifikasi TEG SP1468, menggunakan rumus interpolasi akan dihasilkan :

$$\frac{\Delta T_{referensi}}{P_{referensi}} = \frac{\Delta T_{prediksi}}{P_{prediksi}}$$

$$\frac{70,6^{\circ}\text{C}}{23,6 \text{ Watt}} = \frac{40,87^{\circ}\text{C}}{P}$$

$$P = 13,66 \text{ Watt}$$

Dan energi yang dihasilkan sebesar

$$E = P \times \text{hour}$$

$$E = 13,66 \times h$$

$$E = 13,66 \text{ Wh}$$

Pada PLTS 1 MW Cirata terdapat sekitar 6.120 modul, jika 1 modul dipasang 1 modul TEG SP1848 maka akan diperoleh energi sebesar 83,56 kWh per hari dalam waktu *peak hour*, dan *Equal Sun Hour* terjadi sekitar 4 jam maka diperoleh energi 334,24 kWh perharinya dan grafik besar daya yang dihasilkan oleh

modul TEG ini hampir sama dengan grafik daya yang dihasilkan pada panel surya karna bergantung kepada panas matahari dan *peak hour*.

### III. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, didapatkan kesimpulan yaitu:

- Generator termoelektrik dapat menyerap panas dan mengubahnya menjadi tegangan.
- Modul TEG SP1848 adalah salah satu contoh modul TEG yang direkomendasikan, karena memiliki efisiensi yang lebih bagus dari jenis lainnya.
- Dalam PLTS CIRATA dapat digunakan generator termoelektrik untuk memanfaatkan sisa energi panas yang dihasilkan oleh panel surya.
- Sesuai dengan data suhu panel surya *peak hour* selama 3 hari berturut-turut, dapat disimpulkan rata-rata perbedaan suhu antara suhu ambient dan suhu bawah panel sekitar  $40,87^{\circ}\text{C}$ .
- Sesuai perhitungan interpolasi pada hasil analisis, daya yang dapat dihasilkan oleh 1 modul TEG sekitar 13,66 Watt dan energi yang dihasilkan sebesar 16,66 Wh dihitung pada waktu *peak hour*.
- Pada PLTS 1 MW Cirata terdapat sekitar 6.120 modul, jika 1 modul dipasang 1 modul TEG SP1848 maka akan diperoleh energi sebesar 83,56 kWh per

hari dalam waktu *peak hour*, dan *Equal Sun Hour* terjadi sekitar 4 jam maka diperoleh energi 334,24 kWh perharinya.

Grafik besar daya yang dihasilkan pada TEG hampir sama seperti grafik daya yang dihasilkan pada PV, karena bergantung kepada panas matahari dan *peak hour*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Judul untuk ucapan terima kasih dan referensi tidak diberi nomor. Terima kasih disampaikan kepada Tim JNTETI yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini.

### REFERENSI

- [1] Ryanuargo, Syaiful Anwar, dan Sri Poemomo Sari, Genrator Mini dengan Prinsip Termoelektrik dari uap Panas Kondensor pada Sistem Pendingin, Jakarta, Oktober 2013.
- [2] Sandy Anggriawan Sasmita, Muhammad Taufiq Ramadhan, Mochamad Iqbal Kamal, Yohannes Dewanto, Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator, Maret 2019.
- [3] Zuryati Djafar, Nandy Putra, R.A. Koestoer, Pengaruh Variasi Temperatur Fluida Panas terhadap Karakteristik Modul Termoelektrik Generator, Jakarta, Juli 2010.
- [4] Secretariat General National Energy Council, Indonesia Energy Outlook, 2019.
- [5] Khilyatul Khoiriyah, Mustaqimah, Aji Sukma Famuja Al Maliin, Mukhammad Taufik Maaulana, Naufal Izzul kamal, Rancang Bangun dan Karakteristik Generator Termoelektrik Dengan Menggunakan Energi Panas Sinar Matahari, Demak, 2018.
- [6] Muammar Khalid, Mahdi Syukri, Mansur Gapy, Pemanfaatan Energi Panas Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Berskala Kecil Dengan Menggunakan Termoelektrik, Aceh, 2016.
- [7] <https://sinta.unud.ac.id/uploads/wisuda/1004405095-3-9.%20BAB%20II.pdf>
- [8] [http://publication/312500733\\_Analisis\\_Unjuk\\_Kerja\\_Pembangkit\\_Listrik\\_Tenaga\\_Surya\\_Plts\\_Satu\\_MWP\\_Terinterkoneksi\\_Jaringan\\_di\\_Kayu\\_bih\\_Bangli](http://publication/312500733_Analisis_Unjuk_Kerja_Pembangkit_Listrik_Tenaga_Surya_Plts_Satu_MWP_Terinterkoneksi_Jaringan_di_Kayu_bih_Bangli)
- [9] <https://www.slideshare.net/icmiawan/makalah-plts>
- [10] <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/potensi-energi-baru-terbarukan-ebtindonesia>
- [11] <http://www.panelsurya.com/index.php/id/panel-surya-solar-cells/560-pembangkit-listriktenaga-surya-energi-terbarukan>