

DESAIN FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR MENGGUNAKAN MATERIAL KUNINGAN (CuZn) PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK PANAS MATAHARI

Yugas Samsu Prayugo¹, Margianto², Nur Robbi³

¹Universitas Islam Malang.

email: yugassamsu@gmail.com

²Universitas Islam Malang.

email: margianto@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang.

email: nurrobbi@unisma.ac.id

ABSTRACT

Pemanasan global dan pencemaran udara dan menjadi permasalahan yang sangat penting. Dengan alasan tersebut didunia banyak negara-negara bersaha mengembangkan atau menemukan sumber energi yang baru yang ramah lingkungan serta tidak bisa habis dan terus terbarukan, salah satunya adalah Termoelektrik Generator yang menggunakan energi panas matahari, dengan cara kerja konduktivitas digunakan pada bahan logam yang berbeda pada suhu. Sehingga panas dari logam mengalami difusi dari suhu panas ke suhu sisi dingin yang bisa menghasilkan medan listrik. Dari bermacam-macam tipe kolektor surya. Kolektor surya yang paling sering digunakan Salah satunya adalah kolektor surya menggunakan plat datar yang dicat dengan warna yang gelap agar penyerapan panas lebih bagus, Warna hitam yang dipakai sebagai pelapis terhadap penghantar panas plat datar berpengaruh pada penyerapan panas matahari serta meningkatkan optimalisasi penyerapan panas apabila berbanding dengan penghantar panas plat datar yang tidak dilapisi cat dengan warna petang. Penelitian menunjukan Lampu sebagai sumber energi untuk memperoleh panas lalu diserap oleh kaca, kaca juga bisa memantulkan dan bisa menyerap yang diserap oleh kaca langsung diteuskan ke dlm saluran kolektor dan didalam saluran kolektor ini nanti ada angin dengan kecepatan 1,5m/s sehingga energi panas dan angin pada saluran kolektor ini akan membentuk aliran turbulen sehingga ada energi panas yang diserap oleh plat akan lebih banyak dari pada energi panas yang tidak terserap oleh plat dan panas pada plat akan ditransfer ke termoelektrik generator (teg) yang nanti bagian atas teg akan mempunyai suhu yang panas sedangkan bagian bawah teg iya akan menyerap suhu pada heatsink pendingin disini fungsi dari heatsink untuk pendingin bagian bawah pada kolektor Surya, nanti akan ada perbedaan suhu teg bagian atas dan bawah akan bisa menghasilkan listrik jika perbedaan suhunya semakin besar maka listrik yang dihasilkan juga semakin besar pula. Temperature plat kuningan tertinggi berada pada jarak 3cm dengan temperature panas plat menit awal 41,6 °C hingga menit akhir memiliki temperature 56,4 °C, dan pada variasi jarak 4cm memiliki temperature menit awal 42,7 °C hingga menit akhir mempunyai nilai 56,1 °C, berikutnya pada jarak 5cm pada menit awal mempunyai nilai 41,4 °C hingga menit akhir mempunyai nilai akhir 54,8 °C, factor yang mempengaruhi adalah jarak antara kaca dan plat semakin dekan kaca dan plat akan lebih cepat penyerapan panas yang disalurkan dari kaca yang diteruskan atau mempercepat penyerapan panas ke plat kuningan, Voltage density dari tiga variasi jarak antara 3cm, 4cm, dan 5cm mengalami kenaikan secara stabil dari menit awal sampai ke menit akhir, pada variasi jarak 3cm menunjukan nilai yang lebih tinggi lalu disusul 4cm dan 5cm, hal tersebut disebabkan oleh faktor tingginya perbedaan suhu antara suhu plat dan suhu dasar heatsink, dimana semakin besar perbedaan suhu plat dan suhu dasar heatsink, maka akan semakin tinggi nilai kepadatan tegangannya, maka dapat disimpulkan untuk voltage density nilai tertinggi pada jarak 3cm, Kemudian tegangan output terus meningkat seiring dengan besarnya ΔT yang terjadi hingga mengalami puncak pada menit ke-150 pada Desain Flat Plate Solar Collector variasi jarak 3cm dengan besar ΔT 12,1°C dan tegangan output sebesar 0,16 V. Efisiensi keseluruhan dari ketiga variasi jarak antra 3cm, 4cm, dan 5cm sama-sama mengalami kenaikan, sedangkan nilai tertinggi berada pada variasi jarak 3cm dan disusul 4cm dan 5cm, disebabkan karena faktor yang dapat dipengaruhi oleh energi berguna yang dihasilkan kolektor dan daya pada generator termoelektrik, dapat disimpulkan efisiensi total berada pada jarak 3cm yang mempunyai nilai efisiensi tertinggi.

Kata Kunci: Kolektor surya, Kuningan, Pembangkit listrik, Matahari.

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman dan diikuti dengan peningkatan konsumsi energi. Energi merupakan kebutuhan utama dari aspek di seluruh negara terutama di Indonesia dan negara-negara lain di dunia. Semakin banyak penduduk di muka bumi, maka jumlah kebutuhan konsumsi energi listrik semakin meningkat. Salah satu kebutuhan manusia adalah energi listrik guna menjalankan aktifitas sehari-hari karena hampir semua alat-alat rumah tangga dan industri menggunakan energi listrik yang ramah lingkungan dan terbarukan. Energi fosil yang semakin menipis membutuhkan energi terbarukan untuk mengatasinya, energi matahari adalah salah satu energi alternatif yang terus terbarukan dan mengurangi pencemaran lingkungan.[1]

Permasalahan yang menjadi sangat penting saat ini adalah pencemaran udara dan pemanasan global. Para ilmuwan berfokus pada perancangan dan pengoptimalan sistem pemulihan energi baru yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan terutama pada pemanasan global. Untuk meminimalkan dampak pemanasan global. Matahari adalah sumber energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan menjadi energi listrik [2].

Penelitian panas matahari untuk memanaskan pelat logam. Panas ini diserap oleh generator termoelektrik di penerima panas. Pada efek Seebeck, listrik dihasilkan oleh dua jenis logam yang berbeda dan perbedaan suhu antara kedua ujung logam. Namun kekurangan dari penggunaan plat aluminium, kuningan dan seng adalah suhunya tidak akan optimal. Untuk meningkatkan penyerapan panas matahari, diperlukan lapisan hitam pada media perpindahan panas.[3].

Diantara sekian banyak jenis panel surya. Salah satu jenis kolektor surya yang paling umum digunakan adalah kolektor surya dengan pelat datar yang dicat warna gelap untuk penyerapan panas yang lebih baik. Lapisan hitam pada konduktor termal pelat datar dapat berdampak signifikan pada penyerapan panas matahari dan meningkatkan optimalisasi penyerapan panas bila dibandingkan dengan penghantar panas pelat datar tanpa dilapisi cat dengan warna gelap [4]

Desain Flat Plate Solar Collector atau Kolektor surya adalah alat digunakan untuk menyerap energi panas matahari kemudian dimanfaatkan menjadi energi listrik. Didalam rangkaian kolektor surya ada komponen bernama termoelektrik generator Energi panas diubah menjadi energi listrik dan sebaliknya. Hal ini menyebabkan berkembangnya teknologi termoelektrik, khususnya modul TEG (termoelektrik generator) Mengubah perbedaan

suhu antara kedua sisi modul menjadi listrik. Desain kolektor surya pelat datar meliputi pelat yang menyerap energi sinar matahari yang akan diserap oleh kaca dan plat, panas matahari yang diterima akan disalurkan ke TEG (termoelektrik generator). Peneliti menggunakan jenis material konduktor penyerap panas pelat kuningan yang mempunyai ketebalan 2 mm dan juga mudah ditemukan, harganya sangat terjangkau, serta daya serap panas cukup tinggi dan menggunakan kaca, dan akan divariasi jarak antara material konduktor pelat kuningan dan kaca dengan jarak 3cm, 4cm, dan 5cm penelitian ini untuk mendapatkan profil temperature plat, profil laju penyerapan panas, profil *voltage density*, dan profil efisiensi keseluruhan/efisiensi total.

METODE

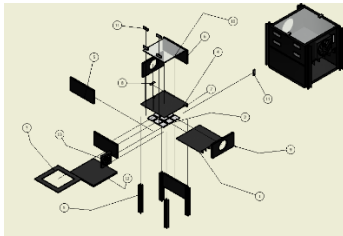
Penelitian ini menggunakan metodologi eksperimental nyata, yang dilakukan dengan merancang alat dan menggunakan alat yang dibuat dengan mengumpulkan data berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian. Penelitian ini dilakukan di ruangan yang dilakukan per 15 menit mulai dari menit 15 hingga 150 menit dilakukan sebanyak 10 kali pengambilan data per variasi jarak 3cm, 4cm, dan 5cm.

A. Bahan dan Alat yang Digunakan

Alat penelitian dan bahan penelitian yang digunakan adalah

1. Generator termoelektrik dirancang untuk menghasilkan tegangan dan arus dengan menggunakan kolektor surya di sisi panas dan heat sink di sisi dingin. Dengan spesifikasi Kaca bening dengan ketebalan 3 mm
 - a. Plat kuningan ketebalan 2 mm
 - b. Insulator menggunakan kayu dengan tebal 3 mm
 - c. Jarak antara plat absorber dan kaca 3cm, 4cm, 5 cm
 - d. Panjang kolektor 30 cm
 - e. Lebar kolektor 30 cm
 - f. *Heatsink* dengan ukuran 30 cm x 30cm
 - g. Generator termoelektrik yang disusun paralel sebanyak 10 buah
2. Termometer digunakan untuk mengukur suhu pada objek pada penelitian.
3. Multimeter digunakan untuk mengukur *output* keluar masuk dari (TEG) yang meliputi arus dan tegangan.
4. Jam digunakan untuk melihat waktu pada dilakukan penelitian
5. Solar power meter digunakan untuk mengukur intensitas radiasi matahari pada saat penelitian.
6. Alat tulis digunakan untuk mencatat data

penelitian.



Gambar 1 Desain Kolektor Surya

B. Prosedur penelitian

Prosedur penelitian yang kami lakukan memerlukan tahapan pelaksanaan yang berbeda-beda yang dapat diuraikan sebagai berikut:

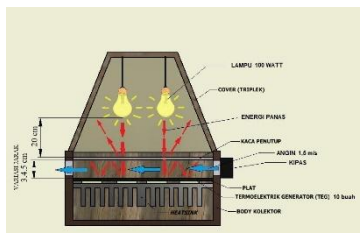
1. Tahap Pembuatan Alat

Sebelum proses pembuatan alat penelitian, diawali dengankonsultasi pembuatan alat tentang perencanaan dan survei produk yang akan digunakan, pembuatan alat penelitian dapat dilakukan dengan langkah – langkah berikut:

2. Pemeriksaan Alat Uji dan Tahapan Persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan pembangunan alat uji yang akan dirakit berdasarkan konsep yang diberikan. Langkah selanjutnya adalah memeriksa kesiapan operasional alat uji dan komponennya untuk memastikan alat dapat berfungsi saat digunakan. Ada beberapa hal yang perlu Anda lakukan dan pertimbangkan pada tahap ini.

3. Pemasangan modul thermoelectric generator (TEG) sesuai karakteristik samping. Modul ditempatkan di sisi yang panas. pada kolektor surya plat datar, pada sisi dingin akan diberi heatsink
4. Uji kinerja modul generator termoelektrik (TEG). Hal ini perlu dilakukan agar peneliti dapat mengecek apakah modul thermoelectric generator (TEG) berfungsi. cara adanya tegangan yang dikeluarkan atau tidak.



Gambar 2 Ilustrasi Pengambilan Data

C. Metode Pengambilan Data

Memperoleh data dari hasil penelitian sebenarnya. Untuk memudahkan analisis data,

maka bacaannya disusun dalam bentuk tabel blok diperoleh data sebagai berikut:

Pastikan sirkuit komponen Anda sesuai dengan desain .

1. Mengoperasikan sistem menggunakan thermoelectric generator (TEG) dan mengumpulkan data berupa suhu, arus, tegangan, dan daya yang dihasilkan oleh perangkat.
2. Kumpulkan data dan ulangi percobaan per 15 menit dengan 10 pengambilan data.
3. Melakukan pengambilan data yang telah dihasilkan pada keseluruhan penelitian yang meliputi
 - a. Intensitas radiasi matahari (I_T)
 - b. Temperatur permukaan plat besi (T_p)
 - c. Temperatur kaca (T_c)
 - d. Temperatur udara masuk kolektor (T_{in})
 - e. Temperatur udara keluar kolektor (T_{out})
 - f. Temperatur sirip *heatsink* (T_s)
 - g. Temperatur permukaan *heatsink* (T_d)
 - h. Temperatur lingkungan (T_L)
 - i. Tegangan listrik (V)
 - j. Arus listrik (A)

D. Analisa Data

Pada tahap ini, data yang dikumpulkan pada setiap percobaan dihitung, dan hasil perhitungan dianalisis untuk diambil kesimpulan. Mengenai analisis

yangdilakukan adalah :

1. Menganalisa hasil temperature plat pada sistem pembangkit panas matahari menggunakan material kuningan.
2. Menganalisa hasil laju penyerapan panas pada desain *flat plate solar collector* sistem pembangkit panas matahari.
3. Menganalisa hasil *voltage density* pada desain *flat plate solar collector* sistem pembangkit panas matahari.
4. Menganalisa hasil efisiensi keseluruhan sistem desain *flat plate solar collector* pada sistem pembangkit panas matahari.

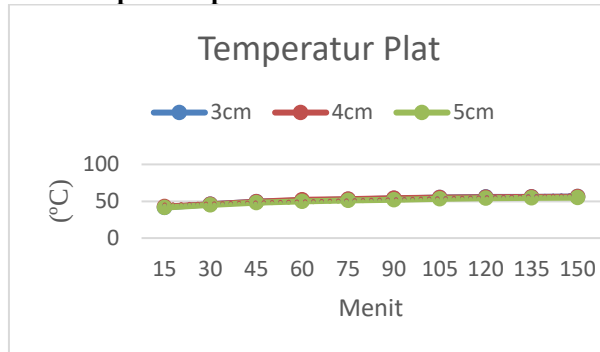
Setelah data – data selesai dianalisa, Langkah berikutnya melakukan perbandingan terhadap hasil dari penelitian. Adapun hasil penelitian yang akan dibandingkan antara lain :

1. Garfik temperature plat pada *flat plate solar collector* sistem pembangkitpanas matahari.
2. Grafik laju penyerapan panas pada *flat plate solar collector* sistem pembangkit panas matahari.
3. Grafik laju *voltage density* pada *flat plate solar collector* sistem pembangkit panas matahari.

4. Grafik efisiensi keseluruhan sistem pada *flat plate solar collector* sistem pembangkit panas matahari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Temperatur plat



Gambar 1 Grafik Temperatur Plat

Grafik 1 profil temperatur plat kuningan Desain *Flat Plate Solar Collector* dengan variasi jarak antara 3cm, 4cm, dan 5cm sama-sama mengalami kenaikan terus menerus dari menit 15 ke menit akhir 150, pada hal ini variasi jarak 3 cm mempunyai nilai tertinggi yaitu 56,4 °C dan disusul 4 cm yang mempunyai nilai temperature plat 56,1°C, dan pada variasi jarak 5cm mempunyai nilai 54,8 °C dapat dilihat pada table 4.9 diatas hal tersebut dikarenakan pada variasi jarak ketinggian antara plat dan kaca untuk jarak 3cm sangat dekat sehingga mempermudah dan juga mempercepat penyerapan panas dari kaca yang disalurkan ke plat sehingga penyerapan plat lebih optimal dan temperature suhu plat menjadi tinggi, yang mana peningkatan temperature ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain transmisivitas kaca, material plat, pelapisan warna hitam, variasi jarak, dan bilangan Reynolds.

Faktor yang paling berpengaruh adalah suhu lingkungan dan radiasi matahari. Ketika suhu di sekitar kolektor atau jumlah radiasi matahari pada kaca kolektor meningkat, maka suhu kaca juga meningkat. Temperatur pelat penyerap sangat bergantung pada kondisi kaca kolektor. Transparansi kaca penutup yang baik merupakan salah satu faktor penting untuk meningkatkan suhu pelat serapan, dimana transmisivitas merupakan kemampuan suatu material dalam meneruskan energi panas dari radiasi matahari [5].

Faktor lainnya adalah penggunaan konduktor panas kuningan berlapis hitam menghasilkan penyerapan yang lebih cepat dan output yang lebih tinggi dari generator termoelektrik. Kuningan juga mudah dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan, dan jika merupakan konduktor panas yang baik, biasanya

tahan terhadap pemanasan. Rephrase Dengan menggunakan konduktor termal kuningan berlapis hitam, perbedaan suhu yang dihasilkan lebih besar dan tegangan keluaran dari generator termoelektrik lebih tinggi. [4]. Suhu maksimum yang dihasilkan konduktor kuningan berlapis hitam adalah 56,4°C dengan perubahan jarak 3 cm dan waktu 150 menit. [6] menyatakan Bahwa suhu pelat paling tinggi bila jarak antara kaca dan pelat 20 mm. d Semakin banyak suatu bahan menyerap, semakin banyak panas yang berpindah.

Faktor lain yang mempengaruhi adalah hubungan antara energi yang diserap pelat (Q_u) dan intensitas radiasi. Faktor lain juga mempengaruhi hal ini, seperti perubahan Q_u berdasarkan intensitas. Hal ini dikarenakan Q_u juga bergantung pada laju aliran massa ($\dot{m}$) yang mempengaruhi bilangan Reynolds (Re). Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4. Semakin rendah nilai Re maka semakin rendah pula nilai koefisien konveksi (h) antar gelas. Terlihat pada Tabel 6 bahwa semakin tinggi pelat pada Tabel 5 maka Q_u yang terserap semakin banyak.

B. Analisa Laju Penyerapan Panas



Gambar 2 Grafik laju penyerapan panas

Grafik 2 profil laju penyerapan panas pada Desain *Flat Plate Solar Collector* dapat dilihat rata-rata penyerapan panas dari material plat kuningan dengan variasi jarak. Pada variasi jarak 3 cm dapat dilihat nilai laju penyerapan panas sebesar 0,11°C/t lebih tinggi dari jarak 4 cm dan 5 cm, dikarenakan faktor jarak kaca ke plat yang sangat dekat sehingga semakin mempercepat proses transfer panas dari panas cahaya yang diserap oleh kaca yang akan langsung disalurkan ke plat, pada grafik diatas penurunan suhu dari variasi jarak 3cm ke 4cm mempunyai nilai signifikansi 9%, dan untuk nilai signifikansi penurunan dari 3cm ke 5cm mempunyai nilai 9%, sedangkan nilai signifikansi antara variasi jarak 4cm ke 5cm mempunyai nilai 0% dikarenakan mempunyai nilai laju penyerapan panas yang sama sebesar 0,10°C. Jarak 3cm memiliki laju penyerapan panas paling tinggi. Penyebab dari perbedaan laju penyerapan panas dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain material

plat, variasi ketinggian kaca, pelapisan warna hitam, dan bilangan Reynolds.

Faktor lainnya adalah penggunaan konduktor panas kuningan berlapis hitam menghasilkan penyerapan yang lebih cepat dan output yang lebih tinggi dari generator termoelektrik. Kuningan juga mudah dibentuk menjadi bentuk yang diinginkan, dan jika merupakan konduktor panas yang baik, biasanya tahan terhadap pemanasan. Dengan menggunakan konduktor termal kuningan berlapis hitam, perbedaan suhu yang dihasilkan lebih besar dan tegangan keluaran dari generator termoelektrik lebih tinggi. [4]. suhu paling tinggi yang dihasilkan oleh penghantar kuningan dengan pelapisan warna hitam adalah 56,4°C pada variasi jarak 3 cm menit 150.

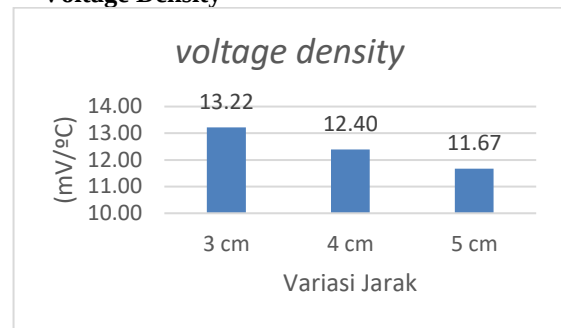
Factor lain yang mempengaruhi laju penyerapan panas yaitu Bilangan Reynolds berfungsi mengidentifikasi laju aliran pada fluida turbulen, dimana jika angka bilangan Reynolds dapat dilihat pada table 4.4, pada variasi jarak 3 cm mempunyai nilai terendah diantara variasi 4 cm dan 5 cm. semakin besar maka (Q_u) yang dihasilkan semakin besar dapat dilihat pada table 4.6.

Factor lainnya yang mempengaruhi ialah hubungan antara energi yang diserap oleh plat (Q_u) terhadap intensitas radiasi. Factor lain juga mempengaruhi seperti Q_u berubah berdasarkan intensitas, Hal ini terjadi karena Q_u juga bergantung terhadap *mass flow rate* ($\dot{m}$) dimana $\dot{m}$ mempengaruhi *reynold number* (Re) dapat dilihat pada table 4.4 Semakin rendah nilai Re maka nilai koefisien konveksi (h) antara kaca dan plat semakin tinggi dapat dilihat pada table 4.5 sehingga Q_u yang diserap semakin besar dapat dilihat pada table 4.6.

Factor yang menyebabkan laju penyerapan panas yaitu variasi jarak kaca dan plat dengan jarak paling dekat, dengan ini maka semakin dekat kaca dan plat penyerapan semakin cepat atau ruangan kolektor maka semakin besar panas yang ditransfer dari kaca ke plat [6], Variasi ketinggian kaca sangat mempengaruhi laju penyerapan yang dihasilkan, karena dengan perbedaan jarak makan luasan saluran fluida juga akan berbeda, semakin besar luasan saluran fluida maka semakin besar kehilangan panas yang terjadi hal ini terjadi karena fluida akan semakin banyak memasuki saluran.

C.

Voltage Density



Gambar 3 Grafik Voltage Density

Grafik 3 *voltage Density* Desain *Flat Plate Solar Collector* pada grafik ini keterdapat tegangan atau (*voltage density*) diatas, dapat dilihat bahwa antara ketiga variasi jarak mengalami kenaikan yang stabil permenitnya dapat dilihat pada table 4.8, dan dengan variasi jarak 3 cm menunjukkan nilai paling tinggi dengan nilai tertinggi 13,22 mV/°C dan disusul 4cm berada diurutan kedua dengan niali tertinggi 12,40 mV/°C dan 5cm berada diurutan terahir dengan nilai 11,67 mV/°C dapat dilihat pada table 4.8 ,dan untuk nilai signifiakansi variasi jarak antara 3cm, 4cm, dan 5cm mempunnyai nilai signifiakansi pada variasi jarak 3cm ke 4cm nilai penurunan sebesar 6% dan pada variasi jarak 3 cm ke 5cm nilai penurunan sebesar 12%, dan pada jarak 4cm ke 5cm mempunnyai nilai penurunan sebesar 6%. factor yang mempengaruhi *voltage density* adalah adanya perbedaan suhu antara suhu plat dan suhu dasar *heatsink*, dimana semakin besar perbedaan suhu plat dan suhu dasar *heatsink*, maka akan semakin tinggi nilai *voltage density*.

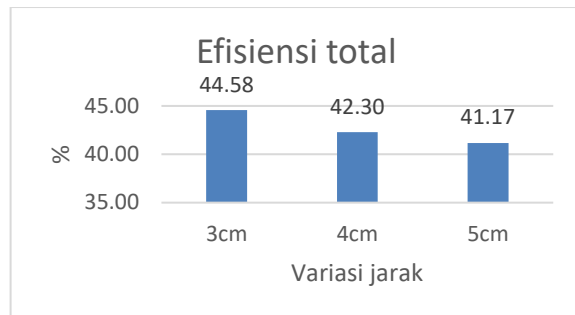
pengukuran diatas sesuai dengan *voltage density* yaitu tegangan yang dihasilkan sebanding dengan gradien temperatur, semakin tinggi perbedaan temperatur (ΔT) yang didapat maka semakin tinggi pula tegangan dan arus yang dihasilkan. Setelah didapat nilai *voltage density*, yaitu sebesar 13,22314 mV/°C dari variasi jarak 3 cm maka dapat dicari besar tegangan yang dihasilkan dapat dilihat pada table 4.9 nilai dari *voltage density* diatas. Untuk mengukur tegangan yang dihasilkan, maka digunakan persamaan (2.2.1), Kemudian tegangan output terus meningkat seiring dengan besarnya ΔT yang terjadi hingga mengalami puncak pada menit ke-150 pada Desain *Flat Plate Solar Collector* variasi jarak 3cm dengan besar ΔT 12,1°C dan tegangan output 0,16 V.

Perbedaan suhu (ΔT), karena prinsip kerja Termoelektrik Generator adalah mengubah energi panas menjadi energi listrik dengan memanfaatkan perbedaan temperatur pada kedua sisinya, yang mana jika semakin tinggi perbedaan temperature maka semakin besar energi yang dapat dihasilkan (*Voltase*). Faktor

Energi berguna (Q_u), dimana energi berguna merupan energi yang diserap oleh material konduktor panas, sehingga besar kecilnya nilai energi berguna akan

mempengaruhi temperatur material konduktor panas, yang mana hal tersebut mengakibatkan besarnya perbedaan temperatur antara kedua sisi Termoelektrik Generator. Semakin besar nilai energi berguna maka akan semakin besar perbedaan temperature yang dihasilkan.

D. Efisiensi Keseluruhan Alat



Gambar 4 Grafik Efisiensi Total

Grafik 4 menunjukkan profil efisiensi total Desain *Flat Plate Solar Collector* pada tiga jarak variasi antara 3cm, 4cm, dan 5cm sama-sama mengalami kenaikan yang stabil permenitnya dapat dilihat pada table 4.9, terlihat bahwa variasi 3cm berada dipaling atas dengan nilai efisiensi tertinggi dengan nilai efisiensi total rata-rata 44,58% mempunyai nilai tertinggi antara 4cm dengan nilai efisiensi total rata-rata 42,30% dan 5cm mempunyai nilai rata-rata 41,17% dan nilai signifikansi penurunan antara variasi jarak 3 cm ke 4 cm sebesar 5%, untuk nilai signifikansi penurunan jarak 3 cm ke 5cm mempunyai nilai 8% dan untuk nilai signifikansi penurunan dari 4 cm ke 5 cm mempunyai nilai 3% sehingga dapat disimpulkan yang efisiensi tertinggi pada jarak ketinggian 3cm dikarenakan faktor yang disebabkan oleh energi berguna semakin tinggi energi berguna maka semakin tinggi efisiensi keseluruhan alat/ efisiensi total.

Energi berguna (Q_u) memiliki pengaruh terhadap efisiensi yang dihasilkan, dimana energi berguna merupakan indikator optimasi dari efisiensi keseluruhan sistem pada kolektor surya, hal tersebut dapat diartikan bahwa semakin tinggi energi berguna (Q_u) maka akan semakin tinggi nilai efisiensi keseluruhan sistem (η_{total}) pada desain *flat plate solar collector*. Selain itu, daya yang dihasilkan (P_e) merupakan faktor lain yang mempengaruhi efisiensi keseluruhan sistem (η_{total}), dimana (P_e) merupakan hasil perkalian dari tegangan (V) dengan arus (I), sehingga dapat disimpulkan semakin besar tegangan dan arus maka akan semakin besar *voltage* yang dihasilkan. Garis tren efisiensi kolektor surya (η) dari seluruh pengujian berbanding lurus dengan nilai intensitas radiasi matahari. Semakin besar intensitas radiasi matahari maka

semakin tinggi nilai efisiensinya. Selain itu, nilai energi efektif (Q_u) juga mempengaruhi efisiensi. Seperti terlihat pada Tabel 6, semakin besar nilai energi efektif (Q_u) maka semakin besar pula efisiensi yang dihasilkan [7], Hubungan antara energi yang diserap (Q_u) dengan intensitas radiasi. Faktor lain juga ikut berperan, seperti perubahan Q_u seiring dengan intensitas radiasi. Rephrase Hal ini karena Q_u juga bergantung pada laju aliran massa ($\dot{m}$), yang selanjutnya mempengaruhi bilangan Reynolds (Re). Nilai Re ditunjukkan pada Tabel 4 Seperti terlihat pada Tabel 5, semakin rendah nilai Re yang merupakan nilai koefisien konveksi (h), maka semakin besar jarak antara kaca dan pelat, sehingga semakin besar pula Q_u yang terserap.

Dapat disimpulkan maka semakin tinggi nilai energi berguna maka semakin tinggi nilai efisiensi dan juga dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari semakin besar nilai intensitas radiasi maka nilai efisiensi akan semakin besar, dipengaruhi oleh *mass flow rate* ($\dot{m}$) dimana $\dot{m}$ mempengaruhi *reynold number* (Re). Semakin rendah nilai Re maka nilai koefisien konveksi (h) antara kaca dan plat semakin tinggi sehingga Q_u yang diserap semakin besar.

KESIMPULAN

Temperature plat kuningan tertinggi berada pada jarak 3cm dengan temperature panas plat menit awal 41,6 °C hingga menit akhir memiliki temperature 56,4 °C, dan pada variasi jarak 4cm memiliki temperature menit awal 42,7 °C hingga menit akhir mempunyai nilai 56,1 °C, berikutnya pada jarak 5cm pada menit awal mempunyai nilai 41,4 °C hingga menit akhir mempunyai nilai akhir 54,8 °C, factor yang mempengaruhi adalah jarak antara kaca dan plat semakin dekan kaca dan plat akan lebih cepat penyerapan panas yang disalurkan dari kaca yang diteruskan atau mempercepat penyerapan panas ke plat kuningan, Laju penyerapan panas pada jarak 3cm memiliki laju penyerapan panas paling tinggi dari 4cm dan 5cm, pada variasi jarak 3cm mempunyai nilai laju penyerapan sebesar 0,11°C/t faktor yang mempengaruhi adalah jarak kaca yang paling dekat dengan plat sehingga mempercepat penyerapan panas dari kaca ke plat, Lapisan hitam pada konduktor termal pelat kuningan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penyerapan panas matahari dan dapat meningkatkan optimalisasi penyerapan panas dibandingkan konduktor termal kuningan tanpa lapisan hitam. Rephrase

Voltage density dari tiga variasi jarak antara 3cm, 4cm, dan 5cm mengalami kenaikan secara stabil dari menit awal sampai ke menit akhir, pada variasi jarak 3cm menunjukkan nilai yang lebih tinggi lalu disusul 4cm dan 5cm, hal tersebut disebabkan oleh faktor tingginya perbedaan suhu antara suhu plat dan suhu dasar *heatsink*, dimana semakin besar perbedaan suhu plat dan suhu dasar *heatsink*, maka akan semakin tinggi nilai kepadatan tegangannya, maka dapat disimpulkan untuk *voltage density* nilai tertinggi pada jarak 3cm, Kemudian tegangan output terus meningkat seiring dengan besarnya ΔT yang terjadi hingga mengalami

puncak pada menit ke-150 pada Desain *Flat Plate Solar Collector* variasi jarak 3cm dengan besar ΔT 12,1°C dan tegangan output sebesar 0,16 V

Efisiensi keseluruhan dari ketiga variasi jarak antra 3cm, 4cm, dan 5cm sama-sama mengalami kenaikan, sedangkan nilai tertinggi berada pada variasi jarak 3cm dan disusul 4cm dan 5cm, disebabkan karena faktor yang dapat dipengaruhi oleh energi berguna yang dihasilkan kolektor dan daya pada generator termoelektrik, dapat disimpulkan efisiensi total berada pada jarak 3cm yang mempunyai nilai efisiensi tertinggi.

Jenis Dan Jarak Kaca Ke Pelat Terhadap Efisiensi Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Penutup Ganda,” *Muhammad Nizar Ramadhan, Andy Nugraha, Muhammad Halim Malik*, pp. 39–46, 2021.

DAFTAR RUJUKAN

Jurnal

- [1] A. F. Alhikami, E. D. Gusuma, M. F. Firmansah, R. A. A. Nugroho, and R. Sepriyatno, “Cold thermal energy storage study in a hospital building,” *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 165–173, 2024.
- [2] D. Dwi Cahya and A. Imam Agung, “Peningkatan Penyerapan Panas Matahari pada Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Kuningan dengan Pelapisan Warna Hitam.”
- [3] M. A. Pradana and M. Widyartono, “Pototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Aluminium, Kuningan Dan Seng.”
- [4] D. D. Cahya, J. Joko, A. I. Agung, and E. Endryansyah, “Peningkatan Penyerapan Panas Matahari Pada Prototipe Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Menggunakan Penghantar Panas Kuningan Dengan Pelapisan Warna Hitam,” *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 11, no. 3, pp. 379–385, 2022.
- [5] N. Ramadhan *et al.*, “Analisis Perpindahan Panas Pada Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Turbulence Enhancer,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 15–22, 2017.
- [6] Ekadewi Anggraini Handoyo, “Pengaruh Jarak Kaca Ke Plat Terhadap Panas Yang Diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 52–56, 2001.
- [7] M. Nizar and P. Ganda, “Pengaruh Variasi