



**DESAIN *FLAT PLATE SOLAR COLLECTOR* MENGGUNAKAN
MATERIAL SENG (Zn) PADA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK PANAS
MATAHARI**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu
(S.T) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



Disusun oleh:

ODHE OKTAVIAN ANDHONO

21901052056

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2024

ABSTRAK

Odhe Oktavian Andhono, Dosen Pembimbing: Ir. H. Margianto, M.T. Nur Robbi S.T., M.T. “Desain *Flat Plate Solar Collector* Menggunakan Material Seng (Zn) pada Sistem Pembangkit Listrik Panas Matahari”. Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang.

Pencemaran udara dan pemanasan global menjadi permasalahan yang sangat penting saat ini. Matahari adalah sumber energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan menjadi energi listrik. Kolektor surya sebuah alat digunakan untuk menyerap panas matahari kemudian dimanfaatkan menjadi energi. Didalam rangkaian kolektor surya ada komponen bernama termoelektrik yang digunakan untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik. Metode cara kerja pengambilan data yaitu lampu sebagai asumsi sumber panas matahari, kemudian radiasi panas tersebut sebagian diserap oleh kaca dan diteruskan ke material konduktor panas plat absorber, energi panas dari plat berguna memanaskan sisi atas termoelektrik generator, kemudian sisi dingin termoelektrik generator ditempelkan pada heatsink (pendingin) dengan demikian kedua sisi termoelektrik generator tersebut memiliki perbedaan suhu yang signifikan sehingga dari perbedaan suhu tersebut menghasilkan tegangan listrik. Hasil desain *flat plate solar collector* menunjukkan profil temperatur plat dengan variasi ketinggian kaca (3cm, 4cm, 5cm) secara umum mengalami kenaikan suhu secara signifikan, Dimana temperatur tertinggi pada jarak 3cm. Hal ini disebabkan karena volume fluida yang dapat melewati area saluran kolektor paling sedikit, sehingga menyebabkan kehilangan panas menjadi kecil. Laju penyerapan panas dengan jarak terdekat dari kaca memiliki laju penyerapan panas tertinggi, yaitu 3cm (0,084°C/menit), 4cm (0,083°C/menit), 5cm (0,081°C/menit) hal ini dikarenakan dengan jarak ketinggian kaca yang terdekat menjadikan transfer panas yang lebih besar dengan mudah diserap oleh plat. *Voltage density* tertinggi dimiliki jarak 3cm, hal ini dikarenakan jarak 3cm memiliki tegangan tertinggi dengan perbedaan suhu ($T_p - T_d$) yang relatif rendah, dengan demikian jarak 3cm memiliki tingkat kepadatan tegangan yang besar. Efisiensi keseluruhan alat pembangkit listrik dapat dipengaruhi oleh energi berguna yang dihasilkan kolektor dan daya pada generator termoelektrik, semakin kecil faktor pelepasan panas yang terjadi maka energi berguna akan semakin besar.

Kata Kunci: Kolektor Surya Plat Datar, Termoelektrik Generator, Variasi Ketinggian Kaca Kolektor Surya Plat Datar

ABSTRACT

Odhe Oktavian Andhono, Lecture Advisor: Ir. H. Margianto, M.T. Nur Robbi S.T., M.T. *"Flat Plate Solar Collector Design Using Zinc (Zn) Material in Solar Thermal Power Generation Systems". Mechanical Engineering Study Program Thesis, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang.*

Air pollution and global warming are very important problems today. The sun is a renewable energy source that can be used to produce electrical energy. A solar collector is a device used to absorb solar heat and then use it as energy. In the solar collector circuit there is a component called thermoelectric which is used to convert heat energy into electrical energy. The method for collecting data is that the lamp is the assumed source of solar heat, then the heat radiation is partly absorbed by the glass and transmitted to the heat conductor material of the absorber plate, the heat energy from the plate is useful for heating the top side of the thermoelectric generator, then the cold side of the thermoelectric generator is attached to the heatsink (cooler) so that the two sides of the thermoelectric generator have a significant temperature difference so that the temperature difference produces an electric voltage. The results of the flat plate solar collector design show that the plate temperature profile with variations in glass height (3cm, 4cm, 5cm) generally experiences a significant increase in temperature, where the highest temperature is at a distance of 3cm. This is because the volume of fluid that can pass through the collector channel area is minimal, thus causing small heat loss. The heat absorption rate with the closest distance from the glass has the highest heat absorption rate, namely 3cm (0.084°C/minute), 4cm (0.083°C/minute), 5cm (0.081°C/minute) this is due to the distance to the height of the closest glass. making greater heat transfer easily absorbed by the plate. The highest voltage density is at a distance of 3cm, this is because the distance of 3cm has the highest voltage with a relatively low temperature difference ($T_p - T_d$), thus the distance of 3cm has a large level of voltage density. The overall efficiency of power generating equipment can be influenced by the useful energy produced by the collector and the power in the thermoelectric generator. The smaller the heat release factor, the greater the useful energy.

Keywords: *Flat Plate Solar Collectors, Thermoelectric Generators, Flat Plate Solar Collector Glass Height Variations*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi saat ini berkembang sangatlah pesat, apapun yang kita lakukan saat ini bergantung dengan teknologi, dan teknologi bergantung dengan energi, semua teknologi yang ada saat ini membutuhkan energi agar terus bisa berfungsi. Semakin bertambahnya penduduk dimuka bumi ini juga berbanding lurus dengan kebutuhan akan energi, sementara itu sumber energi yang selama ini kita pakai sebagian besar bergantung pada energi fosil, yang mana penggunaan energi tersebut mengakibatkan pencemaran udara dan bisa merubah iklim menjadikan pemanasan global (D. Putra et al., 2020).

Pencemaran udara dan pemanasan global menjadi permasalahan yang sangat penting saat ini. Untuk mengurangi dampak global tersebut, para ilmuwan fokus pada perancangan dan mengoptimalkan sistem pemulihan energi baru. Matahari adalah sumber energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan menjadi energi listrik. Indonesia adalah negara yang memiliki garis khatulistiwa yang mana memiliki sinar matahari sepanjang tahun, hal tersebut menjadikan pilihan untuk mengembangkan energi terbarukan (Fakhriansyah *et al.*, 2022). Manfaat pemakaian energi matahari yaitu ramah terhadap lingkungan, tidak menyebabkan polusi, dan tidak menimbulkan limbah. Pemanfaatan energi matahari sudah banyak dilakukan sebagai pembangkit listrik, seperti pembangkit listrik tenaga surya dengan menggunakan panel surya dan menggunakan kolektor surya untuk memanfaatkan energi matahari (Artiningrum & Havianto, 2019).

Ada beberapa macam tipe dari kolektor surya yang tentunya sesuai dengan kebutuhan. Salah satu tipe kolektor surya yang paling sering digunakan adalah kolektor surya plat datar. Untuk mendapatkan hasil pemansan yang lebih maksimal, plat datar tersebut dicat dengan warna hitam kelabu yang berfungsi untuk menyerap radiasi surya yang dipancarkan oleh matahari. Untuk menjaga agar tidak terjadi kerugian panas secara radiasi dan konduksi ke atmosfer, maka digunakan kaca pelindung sehingga mengurangi terjadinya efek rumah

kaca. Sedangkan bagian sisi kanan, kiri dan bawah kolektor surya dilapisi dengan *glass wool* sebagai bahan yang dapat mengisolasi terjadinya kebocoran panas yang dihasilkan oleh kolektor surya. Sebagai titik awal dalam melakukan perhitungan untuk mendesain kolektor surya plat datar adalah memperhitungkan segi luasan permukaan kolektor terhadap intensitas matahari radiasi langsung (Wiradhani, 2012).

Kolektor surya sebuah alat digunakan untuk menyerap panas matahari kemudian dimanfaatkan menjadi energi (Sri et al., 2019). Didalam rangkaian kolektor surya ada komponen bernama termoelektrik yang digunakan untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik dan sebaliknya. Hal ini mengarah pada perkembangan teknologi termoelektrik dan lebih khusus lagi modul TEG (termoelektrik generator) yang digunakan untuk mengubah suhu perbedaan dikedua sisi modul menjadi listrik. Beberapa keuntungan dari termoelektrik generator adalah sistem ini tidak memiliki bagian yang bergerak dan sepenuhnya kokoh. Penyerapan panas yang optimal pada desain *solar collector* merupakan hal yang penting dalam meningkatkan performa dari konversi energi panas menjadi listrik. Penggunaan TEG pada *solar collector* membutuhkan perbedaan suhu yang besar antara material konduktor panas dan juga *heatsink*. Ditambah, proses penyerapan panas secara radiasi dari kaca menuju material konduktor panas dibutuhkan jarak yang optimal untuk dapat menyerap energi panas yang ditransmisikan oleh kaca. Oleh karena itu pada penelitian ini, jarak antara kaca dan material konduktor panas divariasikan untuk mendapatkan jarak yang optimal dengan efisiensi yang besar.

Dalam rangkaian sistem kolektor surya terdapat material konduktor panas yang berfungsi untuk menyerap pancaran energi matahari yang datang dan memindahkan panas yang diterima tersebut ke TEG (termoelektrik generator). Profil laju penyerapan panas, *voltage density* dan juga efisiensi total didiskusikan terhadap variasi jarak kaca dan material konduktor panas. Penelitian ini menggunakan jenis material seng (*Zn*) karena mudah ditemukan, harganya murah, kekuatan serta daya tahan yang bagus, dan daya serap panas cukup tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah di lapangan dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana profil temperatur pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (*Zn*) ?
2. Bagaimana profil laju penyerapan panas pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (*Zn*) ?
3. Bagaimana profil *voltage density* pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (*Zn*) ?
4. Bagaimana efisiensi keseluruhan sistem pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (*Zn*) ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk melaksanakan penelitian yang lebih terarah, peneliti membatasi masalah yang akan dibahas di dalam penelitian sebagai berikut:

1. Sumber energi panas matahari dianggap konstan menggunakan panas dari lampu (100watt) 2 buah sebagai sumber panas yang dikumpulkan oleh *flat plate solar collector* menggunakan material plat seng (*Zn*) dengan ketebalan 0,8 mm.
2. Penutup berbahan insulator berbentuk prisma segitiga sebagai penahan panas dari lampu.
3. Menggunakan generator termoelektrik SP1848-27145 SA.
4. Menggunakan variasi jarak antara plat kolektor dengan kaca 3 cm, 4 cm, dan 5 cm.
5. Menggunakan *fan* dengan kecepatan angin 1,5 m/s.
6. Panjang kolektor 30 cm dan lebar kolektor 30 cm
7. Insulator menggunakan kayu dengan tebal 3mm.
8. Heatsink dengan ukuran 30 cm × 30 cm.
9. Generator termoelektrik disusun sebanyak 10 buah
10. Menggunakan rangkaian gabungan seri dan paralel.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui profil temperatur pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (Zn).
2. Mengetahui profil laju penyerapan panas pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (Zn).
3. Mengetahui profil *voltage density* pada sistem desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (Zn).
4. Mengetahui efisiensi keseluruhan sistem pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material konduktor panas plat seng (Zn).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diambil dari penelitian ini adalah:

1. Memeperoleh informasi tentang profil temperatur menggunakan material seng (Zn) pada sistem pembangkit panas matahari.
2. Memperoleh informasi tentang profil laju penyerapan panas pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material seng (Zn) pada sistem pembangkit listrik panas matahari.
3. Memperoleh informasi tentang profil *voltage density* pada sistem desain *flat plate solar collector* pada sistem pembangkit panas matahari.
4. Memperoleh informasi tentang efisiensi keseluruhan pada desain *flat plate solar collector* menggunakan material plat seng (Zn) pada sistem pembangkit panas matahari.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan ini akan diuraikan dalam beberapa bab yang kemudian dikembangkan menjadi sub bab sehingga semua materi pembahasan yang dapat diterima secara sistematis dan terarah. Adapun sistematika penulisan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Bab I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. Bab II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang pembahasan atau dasar-dasar teori sebagai acuan dari penelitian.

3. Bab III : METODE PENELITIAN

Berisikan tentang langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian.

4. Bab IV : ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang hasil dan pembahasan perhitungan dari pengolahan data dalam penelitian.

5. Bab V : PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari keseluruhan tugas akhir.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil desain *flat plate solar collector* menunjukkan profil temperatur plat dengan variasi ketinggian kaca 3cm, 4cm, dan 5cm secara umum mengalami kenaikan suhu secara signifikan, Dimana temperatur tertinggi pada jarak 3cm. Hal ini disebabkan karena volume fluida yang dapat melewati area saluran kolektor paling sedikit, sehingga menyebabkan kehilangan panas menjadi kecil.
2. Laju penyerapan panas dengan jarak terdekat dari kaca memiliki laju penyerapan panas tertinggi, yaitu 3cm ($0,084^{\circ}\text{C}/\text{menit}$), 4cm ($0,083^{\circ}\text{C}/\text{menit}$), 5cm ($0,081^{\circ}\text{C}/\text{menit}$) hal ini dikarenakan dengan jarak ketinggian kaca yang terdekat menjadikan transfer panas yang lebih besar dengan mudah diserap oleh plat.
3. *Voltage density* tertinggi dimiliki jarak 3cm, hal ini dikarenakan jarak 3cm memiliki tegangan tertinggi dengan perbedaan suhu ($T_p - T_d$) yang relatif rendah, dengan demikian jarak 3cm memiliki tingkat kepadatan tegangan yang besar.
4. Efisiensi keseluruhan alat pembangkit listrik dapat dipengaruhi oleh energi berguna yang dihasilkan kolektor dan daya pada generator termoelektrik, semakin kecil faktor pelepasan panas yang terjadi maka energi berguna akan semakin besar.

5.2 Saran

Saran yang diperoleh dari penelitian ini untuk penelitian berikutnya yaitu

1. Menggunakan ukuran kolektor yang lebih besar akan berbanding lurus dengan *output* daya yang dihasilkan.
2. Mengoptimalkan sistem pendinginan akan mendapatkan perbedaan suhu yang lebih besar dan menghasilkan *output* daya yang besar juga.

DAFTAR PUSTAKA

- Arridina Susan Silitonga., H. I. (2020). *Energi Baru dan Terbarukan*. Deepublish.
- Artiningrum, T., & Havianto, J. (2019). Meningkatkan Peran Energi Bersih Lewat Pemanfaatan Sinar Matahari. *Geoplanart*, 2(2), 100–115.
- Caturwati, N., Yuswardi, Y., & Nino, S. (2018). Peningkatan Efisiensi (Caturwati Peningkatan Efisiensi Absorpsi Radiasi Matahari pada Solar Water Heater dengan Pelapisan Warna Hitam. *Jurnal Peningkatan Efisiensi*, 5(1), 61–66.
- Cengel, Y. A. (2006). Heat Transfer. *Book*, 37(9), 61–65. <https://doi.org/10.5408/0022-1368-4.2-2.83>
- Djafar, Z., Putra, N., & Koestoer, R. . (2010). Kajian Eksperimental Perkembangan Generator Termoelektrik sebagai Sumber Listrik. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin*, 9, 13–15.
- Duffie, J. A., Beckman, W. A., & McGowan, J. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. In *American Journal of Physics* (Vol. 53, Nomor 4). <https://doi.org/10.1119/1.14178>
- Ekadewi Anggraini Handoyo. (2001). Pengaruh Jarak Kaca Ke Plat Terhadap Panas Yang Diterima Suatu Kolektor Surya Plat Datar. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 52–56. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/15940>
- Fakhriansyah, M., Fathimahhayti, L. D., & Gunawan, S. (2022). G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan. *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 295–305. <https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229>
- Haryanto, H., Makhsum, M. R., Saraswati, I., & Penelitian, A. M. (2004). *Perancangan Modul Termoelektrik Generator*. 26–37.
- Kurnia, A. (2021). Simulasi Perhitungan Intensitas Radiasi Dan Energi Surya Dengan Turbo Pascal 5.5. *Teknik Elektronika Politeknik TEDC*, 15(3), 292–300.
- Lusiani., F. Rismaningsih., Sudirman., I. Noor., F. Indrawati., A. B. Putriani., A. Fitriani., B. G. M. Saka., I. P. T. Indrayana., P. Purwanti., J. Setiawan., Y. M.

- dan E. F. A. (2022). *Perpindahan Kalor*.
- Pasaribu, F. I., Roza, I., & Efendi, Y. (2019). Utilizing Exhaust Heat of Motorcycle As a Source OF ELECTRIC ENERGY USING THERMOELECTRIC. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*, 3(1), 13–29.
- Philip Kristanto, & Yoe Kiem San. (2001). Pengaruh Tebal Plat Dan Jarak Antar Pipa Terhadap Performansi Kolektor Surya Plat Datar. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 47–51.
<http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/15939>
- Puspita, S. C., Sunarno, H., & Indarto, B. (2017). Generator Termoelektrik untuk Pengisian Aki. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 13(2), 84.
<https://doi.org/10.12962/j24604682.v13i2.2748>
- Putra, A. E., Rifky, R., & Fikri, A. (2019). Pemanfaatan Panas Buang Atap Seng dengan Menggunakan Generator Termoelektrik sebagai Sumber Energi Listrik Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 38.
<https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2911>
- Putra, D., Yoessgiantoro, D., & Thamrin, S. (2020). Kebijakan Ketahanan Energi Berbasis Energi Listrik pada Bidang Transportasi Guna Mendukung Pertahanan Negara di Indonesia: Sebuah Kerangka Konseptual. *Nusantara: Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 7(3), 658–672. <http://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/nusantara/article/view/2011>
- Putra, N. R. F., Muntini, M. S., & Anggoro, D. (2019). Pemodelan Dan Fabrikasi Modul Thermoelectric Generator (TEG) Berbasis Semikonduktor Bi₂Te₃ dengan Metode Penyusunan Thermoelement untuk Menghasilkan Daya Listrik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2).
<https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i2.36722>
- Ratih Pratiwi, Y., & Satria Putra, H. (2021). Pemanfaatan Efek Seebeck Pada Peltier Sebagai Generator Darurat Dengan dan Tanpa Step Up DC to DC The Use of Seebeck Effect on Peltier as Emergency Generator With or Without Step Up DC to DC. *JSNu : Journal of Science Nusantara*, 1(2), 30–35.

- Rifky, R., Fikri, A., & Mujirudin, M. (2021). Konversi Energi Termal Surya Menjadi Energi Listrik Menggunakan Generator Termoelektrik. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 6(1), 60–65. <https://doi.org/10.52447/jktm.v6i1.4532>
- Sasmita, S. A., Ramadhan, M. T., Kamal, M. I., & Dewanto, Y. (2019). Alternatif Pembangkit Energi Listrik Menggunakan Prinsip Termoelektrik Generator. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 21(1), 57. <https://doi.org/10.24912/tesla.v21i1.3249>
- Snyder, J. (2008). Small thermoelectric generators. *International Conference on Thermoelectrics, ICT, Proceedings, 2008-Janua(2)*, 54–56. <https://doi.org/10.1109/ICT.2002.1190351>
- Sri, S. R. P., Mutiarani, R., Teknik, J., Energi, K., & Negeri, P. (2019). Kolektor Surya Berdasarkan Termodinamika Dan. 9(November), 20–24.
- Sukmajati, S., & Hafidz, M. (2015). Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw on Grid Di Yogyakarta. Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik PLN,. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, vol 7 no 1(1), 49–63.
- Wiradhani, T. (2012). Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya Dengan Menggunakan Kolektor Surya Plat Datar. *Tugas Akhir-Tm 090340*, 1–85.
- Wiradika, Y. (2019). *Analisis Variasi Luasan Heatsink Terhadap Unjuk Kerja Modul Generator Termoelektrik (Teg) Memanfaatkan Panas Buangan Kondensor Kulkas*.
- Wirapraja, E., & Dwiyantoro, B. A. (2014). Studi Eksperimental Efektivitas Penambahan Annular Fins pada Kolektor Surya Pemanas Air dengan Satu dan Dua Kaca Penutup. *Teknik Pomits*, 3(2), B204–B209.
- Yunianto, B. (2008). Pengujian Perpindahan Panas Konveksi Pada Heat Sink Jenis Extruded. *Rotasi*, 10(1), 28. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi/article/download/2423/2141>