

KARAKTERISASI PANEL SURYA HYBRID BERBASIS SENSOR INA219

Habiburosid^{a)}, Widyaningrum Indrasari^{b)}, Riser Fadhiran^{c)}

Prodi Fisika Fakultas Matematika dan IPA UNJ, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220

Email: a) abrahamsamad9@gmail.com, b) widyafisikaunj@gmail.com, c) riserfadhiran@unj.ac.id

Abstrak

Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif baik radiasi maupun termalnya untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari. Salah satu alat yang dapat digunakan adalah hybrid solar cell yang mengonversikan radiasi matahari menjadi listrik menggunakan solar cell dan dikombinasikan dengan modul *thermoelectric* untuk mengonversikan kalor matahari menjadi daya listrik tambahan untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi matahari. Pada penelitian ini telah dikembangkan panel surya *hybrid* yang dilengkapi dengan *thermoelectric generator*. Alat ukur kuat arus dan tegangan pada panel surya *hybrid* ini menggunakan sensor INA219, sedangkan sistem kontrol menggunakan arduino uno. Hasil karakterisasi sensor INA219 dalam pengukuran kuat arus memiliki kesalahan relatif sebesar 2,48% dan pengukuran tegangan sebesar 2,52%. Hasil karakterisasi sensor suhu DS18B20 memiliki kesalahan relatif sebesar 2,87%. Sedangkan hasil karakterisasi *thermoelectric generator* diperoleh bahwa daya yang dihasilkan sebesar 0,64 mW/°C. Dengan pemanfaatan *thermoelectric generator* dapat meningkatkan daya panel surya sebesar 8,22% pada hari pertama dan 6,45% pada hari kedua.

Kata-kata kunci: panel surya hybrid, thermoelectric generator, sensor INA219, Arduino uno

Abstract

Solar energy can be used as alternative energy both radiation and its thermal to meet daily energy needs. One tool that can be used is a hybrid solar cell that converts solar radiation into electricity using solar cells and combined with a thermoelectric module to convert solar heat into additional electrical power to increase the efficiency of solar energy utilization. In this study hybrid solar panels were equipped with thermoelectric generators. Current and voltage measuring devices on this hybrid solar panel use the INA219 sensor, while the control system uses Arduino Uno. The result of INA219 sensor characterization in the measurement of current strength has a relative error of 2.48% and a voltage measurement of 2.52%. The result of DS18B20 temperature sensor characterization has a relative error of 2.87%. While the results of thermoelectric generator characterization obtained that the power produced is 0.64 mW / °C. Using thermoelectric generators can increase solar panel power by 8.22% on the first day and 6.45% on the second day.

Keywords: hybrid solar panels, thermoelectric generators, INA219 sensors, Arduino uno

PENDAHULUAN

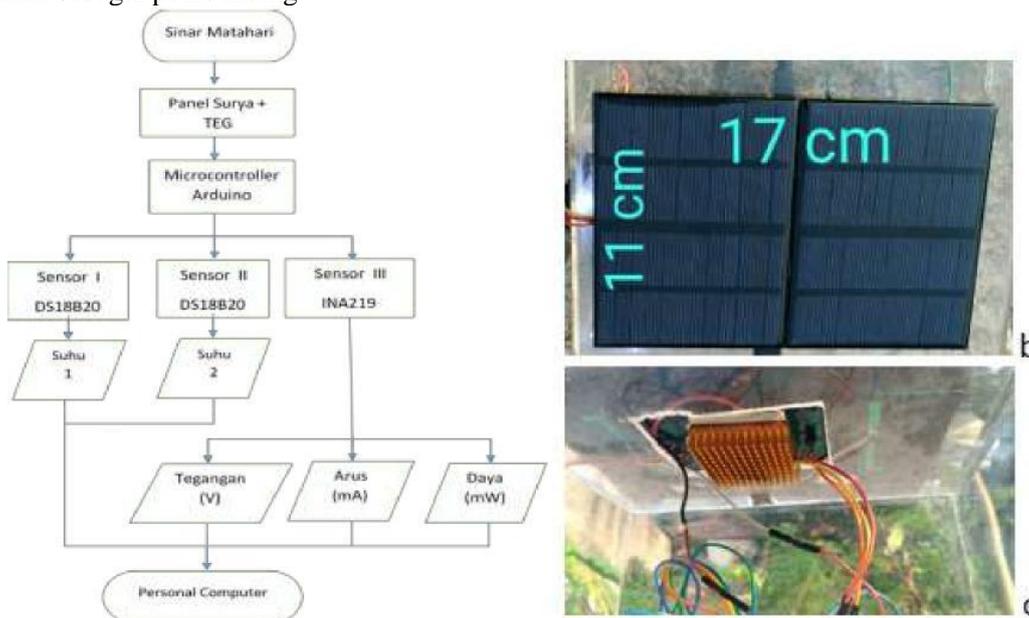
Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif baik radiasi maupun termalnya untuk memenuhi kebutuhan energi sehari-hari. Sel surya atau sel fotovoltaik digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik [1]. Terlepas dari sel surya yang dapat mengubah radiasi matahari menjadi listrik secara langsung, energi panas yang dihasilkan oleh panel surya juga dapat dikonversi menjadi listrik, dan alat yang digunakan adalah thermoelectric generator (TEG) [2]. Thermoelectric generator didasarkan pada sebuah efek seebeck, dimana prinsip kerja efek seebeck yaitu jika ada dua buah material atau lempeng logam yang tersambung berada pada lingkungan dengan suhu yang berbeda maka di dalam material atau lempeng logam tersebut akan mengalir arus listrik[3-4]. Pemanfaatan TEG saat ini telah banyak dikembangkan dengan menggabungkannya dengan solar sell. Penggabungan antara sel surya atau sel fotovoltaik dengan thermoelectric generator disebut dengan hybrid solar cell-thermoelectric generator [5-7]. Prinsip kerja perangkat hibrida PV / TEG sama dengan modul PV dan TEG yang bekerja secara terpisah dalam kondisi yang sama [8].

Dalam paper ini peneliti fokus pada pengembangan panel surya hybrid solar cell-thermoelectric generator menggunakan alat ukur berupa sensor INA219 dengan menggunakan sistem kontrol Arduino uno untuk membaca keluaran daya keseluruhan perangkat. Teknologi sensor sendiri memiliki banyak aplikasi, di antaranya peringatan dini banjir [9-10], pengukuran kekeruhan dan viskositas air [11-12], dan penerapan pada solar panel statis [13]. Penelitian ini mengondisikan keluaran daya keseluruhan perangkat adalah jumlah dari output daya modul PV dan TEG.

METODOLOGI

Prototipe yang dikembangkan terdiri dari panel surya berukuran 17cmx11cm, *Thermoelectric generator* SP, Heatsink, sensor INA219, sensor suhu DS18B20 dan sistem program menggunakan Arduino uno. Tahapan awal dalam penelitian ini yaitu melakukan kalibrasi terhadap sensor suhu DS18B20 dan sensor INA219. Selanjutnya, melakukan uji coba keluaran pada *Thermoelectric generator*. Parameter fisik yang terukur pada prototipe yaitu, arus, tegangan, daya dan suhu di ukur menggunakan modul sensor melalui program yang telah dibuat pada perangkat lunak Arduino IDE, kemudian disimpan dalam komputer pribadi (PC). Skema sistem dan alat yang dikembangkan ditunjukkan pada gambar 1.

Dalam penelitian ini, prototipe panel surya tanpa penambahan *Thermoelectric generator* akan digunakan sebagai pembandingan.



GAMBAR 1. (a) desain skema sistem (b) desain prototipe panel surya hybrid bagian atas (c) desain prototipe bagian bawah

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Sensor

Karakterisasi sensor bertujuan untuk menentukan akurasi dan rentang pengukuran sensor. Pada penelitian ini akan dilakukan karakterisasi sensor suhu DS18B20 dan sensor INA219

3.1.1 Karakterisasi Sensor INA219

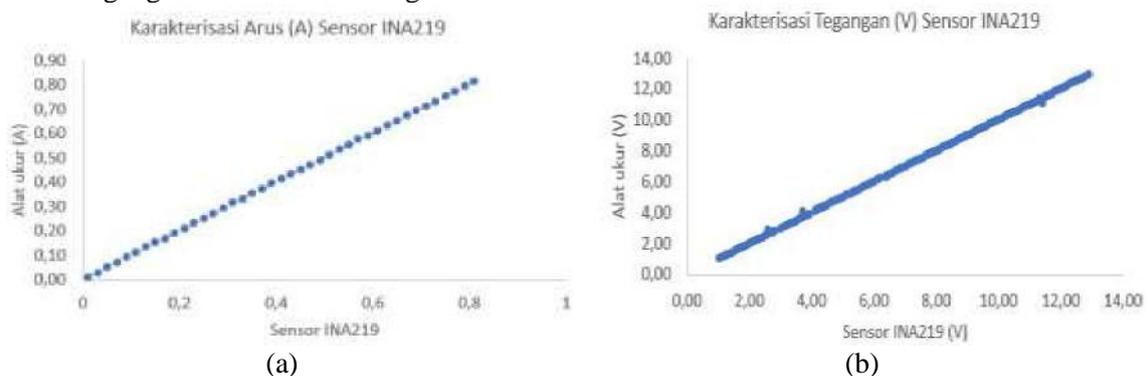
Sensor INA219 merupakan modul sensor yang mampu mengukur tegangan, arus dan daya secara bersamaan. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Karakterisasi sensor INA219 saat ini dilakukan menggunakan resistor pasir dengan nilai 10W15RJ. Dimana hasil keluaran tegangan dan arus akan dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali dan dibandingkan dengan nilai keluaran dari Avometer. Hasil karakterisasi sensor INA219 dalam pengukuran tegangan ditunjukkan pada GAMBAR 2a. Pada GAMBAR 2a, grafik yang dihasilkan berbentuk linier dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = 1,0011 I_o + 0,032 \quad (1)$$

Dimana V_o adalah tegangan aktual (volt) dan V adalah output sensor INA219 (volt). Maksimum kesalahan relatif pengukuran tegangan pada sensor adalah 2,52%. Sedangkan, karakterisasi sensor INA219 dalam pengukuran arus ditunjukkan pada GAMBAR 2b. Pada GAMBAR 2b, grafik tersebut memiliki persamaan linier sebagai berikut:

$$I = 1,0006 I_o + 0,0038 \quad (2)$$

Dimana I_o adalah arus aktual (ampere) dan I adalah output sensor INA219 (ampere). Maksimum kesalahan relatif pengukuran arus pada sensor adalah 2,48%. Modul sensor INA219 merupakan sensor yang tepat dalam pengukuran keluaran dari panel surya *hybrid*. Hal ini dikarenakan, hasil pengukuran arus dan tegangan tidak berbeda dengan alat ukur multimeter.



GAMBAR 2. karakterisasi sensor INA219 (a) Pengukuran Arus (b) Pengukuran tegangan

3.1.2 Karakterisasi sensor suhu DS18B20

Karakterisasi sensor suhu DS18B20 dilakukan dengan menggunakan media cairan bersuhu panas dan bersuhu dingin, yang dicampur secara perlahan-lahan sehingga didapatkan perubahan temperature pada cairan tersebut yang diukur menggunakan modul sensor suhu DS18B20 dan dibandingkan dengan menggunakan alat ukur suhu berupa *thermometer digital* prima long. Karakterisasi dilakukan dengan

pengulangan sebanyak tiga kali. Dari hasil pengulangan tersebut didapatkan grafik seperti pada GAMBAR 3.



GAMBAR 3. Grafik karakterisasi sensor suhu DS18B20

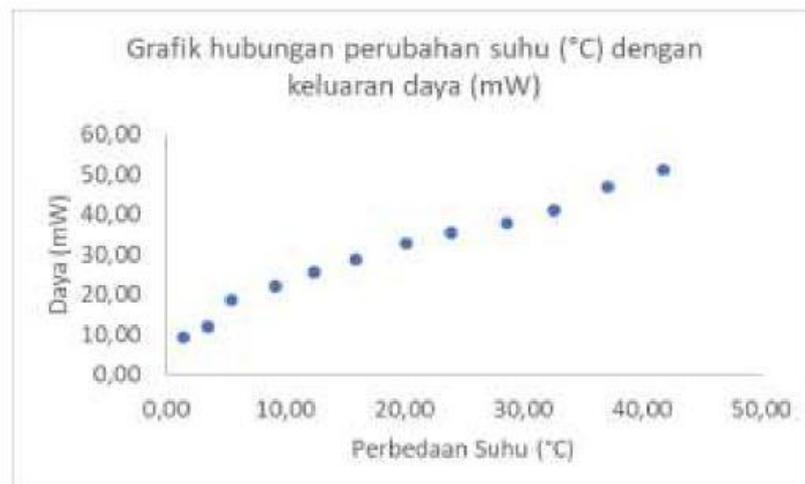
Pada grafik diatas memiliki persamaan linier sebagai berikut :

$$T = 0,9955 T_o + 0,2352 \quad (3)$$

Dimana T_o adalah nilai suhu actual (°C) dan T adalah output sensor (°C). kesalahan relatif maksimum pada sensor suhu DS18B20 sebesar 2,87%.

3.2 Keluaran Thermoelectric Generator (TEG)

Pengujian keluaran *Thermoelectric Generator* bertujuan untuk mengetahui berapa besar pengaruh perubahan suhu terhadap keluaran tegangan dan arus. TEG yang digunakan adalah tipe SP1848-27145. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran keluaran TEG menggunakan modul sensor suhu DS18B20 untuk mengukur suhu dan modul sensor INA219 untuk mengukur tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh TEG. Pada GAMBAR 4, menunjukkan grafik hubungan antara perubahan suhu dengan daya yang dihasilkan. Semakin besar perbedaan suhu, maka daya yang dihasilkan semakin besar.



GAMBAR 4. Grafik hubungan perbedaan suhu dengan daya yang dihasilkan

3.3 Output pada perangkat prototipe

Parameter fisik yang diukur dalam penelitian ini adalah arus, tegangan dan daya menggunakan modul sensor INA219. Sedangkan suhu panel permukaan panel surya menggunakan sensor suhu DS18B20. Daya output panel surya dihitung menggunakan data arus dan tegangan yang diukur oleh sensor, baik pada panel surya *hybrid* dan panel surya biasa. Panel surya *hybrid* dengan penambahan

TEG dan perubahan suhu akan diukur, sedangkan panel surya biasa hanya akan diukur keluaran arus, tegangan, suhu dan daya. Pengukuran dilakukan dari jam 09.00-15.00 WIB.

3.3.1 Perbandingan keluaran daya yang dihasilkan

Data arus, tegangan dan daya dari kedua panel surya pada hari pertama dan kedua diperoleh di Sawah Lama, Tangerang Selatan dengan pengambilan sampel data 10 setiap 15 menit. Hasil perbandingan keluaran daya ditunjukkan oleh GAMBAR 6. Pola grafik daya keluaran pada hari pertama dan kedua serupa. Keluaran daya yang diperoleh panel surya hybrid lebih besar dibandingkan dengan keluaran daya panel surya biasa. Daya optimum yang dihasilkan oleh kedua panel surya hybrid dan panel surya biasa selama dua hari ditunjukkan pada pukul 12.00 wib (saat cuaca cerah dan suhu panel surya 48,98°). Perbedaan keluaran daya pada hari pertama antara panel surya hybrid dan panel surya biasa sebesar 8,22% dan perbedaan pada hari kedua sebesar 6,45%. Perbedaan keluaran daya pada kedua panel surya disebabkan akibat adanya perbedaan suhu dari kedua panel. Panas yang dihasilkan oleh panel surya hybrid dimanfaatkan menjadi sumber listrik oleh *thermoelectric generator* yang diletakan pada bagian bawah panel surya. Sedangkan panas yang dihasilkan oleh panel surya biasa terbuang begitu saja. Sehingga, daya yang dihasilkan oleh panel surya hybrid lebih tinggi dibandingkan panel surya biasa.



(a)

(b)

GAMBAR 5. (a) grafik perbandingan keluaran daya hari pertama (b) grafik perbandingan keluaran daya hari kedua

3.4 Efek penambahan Thermoelectric Generator

Efek penambahan *thermoelectric generator* sebagai daya tambahan pada panel surya hybrid dirasa cukup berpengaruh terhadap keluaran daya panel surya. *Thermoelectric* merupakan konversi langsung dari energi panas menjadi energi listrik. *Thermoelectric* didasarkan pada sebuah efek seeback, dimana prinsip kerja efek seeback yaitu jika ada dua buah material atau lempeng logam yang tersambung berada pada lingkungan dengan suhu yang berbeda maka di dalam material atau lempeng logam tersebut akan mengalir arus listrik. Perbedaan suhu pada panel surya hybrid dapat dilihat pada TABEL 1.

TABEL 1. Perbedaan temperature pada *thermoelectric generator* pada panel surya

Waktu	Perbedaan temperature hari pertama		Perbedaan temperature hari kedua	
	T1 (°C)	T2 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)
10.00	48,64	52,15	42,94	45,74
11.00	47,13	51,81	46,71	49,73
12.00	47,66	53,21	50,72	53,59
13.00	48,23	55,38	47,15	49,92
14.00	48,71	55,98	48,72	50,01
15.00	47,72	55,85	48,62	50,60

Pada TABEL 1, dapat dilihat perbedaan temperature dari sisi panas dan sisi dingin (*thermoelectric generator*). Berdasarkan perbedaan tersebut *thermoelectric generator* mampu menghasilkan keluaran berupa arus dan tegangan, sehingga arus dan tegangan pada panel surya bertambah. Menyebabkan keluaran daya dari panel surya hybrid meningkat.

SIMPULAN

Karakterisasi panel surya hybrid berbasis sensor INA219 telah dilakukan. Penggunaan modul INA219 sebagai alat ukur tegangan, arus dan daya cukup akurat, hal ini berdasarkan kesalahan relatif dari pengukuran tegangan sebesar 2,52% dan pengukuran arus 2,48%. Untuk mengetahui perbedaan suhu dari *thermoelectric* digunakan modul sensor suhu DS18B20, sensor ini memiliki kesalahan relatif sebesar 2,87%. Penambahan *thermoelectric generator* pada pane surya *hybrid* dapat meningkatkan keluaran daya sebesar 8,22% pada hari pertama dan 6,45% pada hari kedua.

REFERENSI

- [1] I. Widyaningrum, Riser fahdiran, Esmar Budi, Luluil Jannah, Lutvi & Ramli, "Active Solar Tracker Based on The Horizon Coordinate System", IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1120 (2018) 012102
- [2] Guiqiang Li, Samson Shittu, Thierno M.O. Diallo, Min Yu, Xudong Zhao, Jie Ji, "A review of solar photovoltaic-thermoelectric hybrid system for electricity generation", Energy (2018)
- [3] Li G, Ji J, Zhang G, He W, Chen X, Chen H. "Performance analysis on a novel microchannel heat pipe evacuated tube solar collector-incorporated thermoelectric generation", Int J Energy Res 2016;40:2117–27.
- [4] Li G, Feng W, Jin Y, Chen X, Ji J. "Discussion on the solar concentrating thermoelectric generation using micro-channel heat pipe array", Heat Mass Transf (2017); 53:3249-56.
- [5] A. Allouhi, T. Kousksou, A. Jamil, P. Bruel, Y. Mourad, Y. Zeraouli, "Solar driven cooling systems: an updated review", Renew. Sustain. Energy Rev. 44 (2015)
- [6] Amine Allouhi, "Advances on solar thermal cogeneration processes based on thermoelectric devices: A review", Solar Energy Materials and Solar Cells (2019)
- [7] M.R. Burton, T. Liu, J. McGettrick, S. Mehraban, J. Baker, A. Pockett, T. Watson, O. Fenwick, M.J. Carnie, "Thin film tin selenide (SnSe) thermoelectric generators exhibiting ultralow thermal conductivity", Adv. Mater. (2018) 1801357.
- [8] Huen, P., "Advances in hybrid solar photovoltaic and thermoelectric generators", Renewable and Sustainable Energy Reviews (2016)
- [9] Indrasari, W., Iswanto, B. H., & Andayani, M. "Early Warning System of Flood Disaster Based on Ultrasonic Sensors and Wireless Technology". In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 335, No. 1, p. 012005). IOP Publishing, 2018.
- [10] Andayani, M., Indrasari, W., & Iswanto, B. H. (2016, October). KALIBRASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 SEBAGAI SENSOR PENDETEKSI JARAK PADA PROTOTIPE SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)* (Vol. 5, pp. SNF2016-CIP).
- [11] Sari, Z. A. K., Permana, H., & Indrasari, W. (2017). Karakterisasi Sensor Photodiode, DS18B20, dan Konduktivitas pada Rancang Bangun Sistem Deteksi Kekecuruhan dan Jumlah Zat Padat Terlarut dalam Air. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 2(2), 149-156.
- [12] Andayani, L., Indrasari, W., & Umiatin, U. (2019, December). PENGEMBANGAN ALAT UKUR VISKOSITAS AIR SUNGAI TERCEMAR LIMBAH CAIR BERBASIS SENSOR OPTIK TIPE THROUGH BEAM. In *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL)* (Vol. 8, pp. SNF2019-PA).
- [13] Indrasari, W., Fahdiran, R., Budi, E., Umiatin, U., & Yusuf, N. S. (2019, November). Development of static solar panel equipped by an active reflector based on LDR sensors. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1280, No. 2, p. 022071). IOP Publishing.