

Monitoring Pengaruh Suhu Pada Panel Surya Terhadap Performa Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Jaya Indra Bayu, Irrine Budi Sulistiyawati, Ni Putu Agustini

Program Studi Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

jaya.indra.bayu99@gmail.com

Abstract - The sun is an alternative energy source that is currently being utilized, by using solar panels to capture light and process it into the electrical power we need. The performance of solar panels is strongly influenced by several parameters including panel surface temperature, ambient temperature, and solar irradiance. This research makes a solar irradiation sensor using solar panels as a substitute for a pyranometer and adds temperature and wind speed sensors to determine the effect on PLTS performance. To find out the temperature, the PV surface temperature uses the DS18B20 sensor and the ambient temperature sensor uses the DHT11 sensor. Anemometer sensors use wind speed to find out, then each sensor is configured with an Arduino microcontroller so that it can operate and display the required data. The test results obtained the effect of wind speed on the performance of solar panels.

Keywords — Solar Irradiance, photovoltaic, pyranometer, DS18B20, DHT11, Anemometer, Arduino, PLTS

Abstrak— Matahari adalah sumber energi alternatif yang dimanfaatkan pada saat ini, dengan menggunakan panel surya untuk menangkap sinar dan memproses menjadi daya listrik yang kita butuhkan. Kinerja Panel Surya sendiri sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter diantaranya adalah, suhu permukaan panel, suhu lingkungan, dan solar irradiance. Penelitian ini membuat sensor iradiasi sinar matahari dengan menggunakan panel surya sebagai pengganti pyranometer dan menambahkan sensor suhu serta kecepatan angin untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa PLTS. Untuk mengetahui temperatur, suhu permukaan PV menggunakan sensor DS18B20 dan sensor suhu lingkungan menggunakan sensor DHT11. Kecepatan angin digunakan sensor anemometer untuk mengetahuinya, kemudian tiap sensor dikonfigurasi dengan mikrokontroler arduino agar dapat beroperasi dan menampilkan data yang diperlukan. Hasil pengujian diperoleh pengaruh kecepatan angin terhadap kinerja dari panel surya.

Kata Kunci — Solar Irradiance, photovoltaic, pyranometer, DS18B20, DHT11, Anemometer, Arduino, PLTS

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia sangat kaya akan energi terbarukan yang memiliki potensi lebih dari 400.000 Mega Watt (MW). Sekitar 200.000 MW atau 50% diantaranya adalah potensi energi surya. Sementara pemanfaatan energi surya sendiri saat ini baru sekitar 150 MW atau 0.08% saja dari potensinya yang begitu melimpah. Padahal, Indonesia adalah Negara khatulistiwa yang seharusnya

memimpin pengembangan energi surya [1]. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk memanfaatkan energi surya tersebut maka perlu adanya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Performansi dari PLTS perlu dimonitoring secara berkala, perlu adanya sistem yang mampu mengukur kondisi PLTS dan parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja PLTS tersebut [2]. Parameter-parameter tersebut adalah arus *photovoltaic*, tegangan *photovoltaic*, temprature, dan solar *irradiance* di area PLTS. Efisiensi dari *photovoltaic* (PV) sangat bergantung pada temperatur dari *photovoltaic*, dan *overheating* menyebabkan penurunan konversi energi dari *photovoltaic* [3]. Sehingga untuk memonitoring performa dari PV perlu sensor Pyranometer dan suhu. Sedangkan harga dari sensor Pyranometer terbilang mahal, sehingga dapat mempengaruhi biaya infestasi awal untuk pembangunan PLTS. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengukur *solar irradiance* adalah menggunakan cell *photovoltaic* yang sudah dikalibrasi. Pada penelitian yang dilakukan Lawrence dunn dkk, mereka membandingkan *Pyranometer* dengan *photovoltaic* yang telah terkalibrasi. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan tingkat ketidakpastian pada PV lebih rendah dibandingkan dengan *pyranometer*. Pengukuran menggunakan PV menunjukkan tingkat ketidakpastian sebesar +/-2.4% sedangkan untuk *Pyranometer*+/-5% (Lawrence Dunn, 2012). Sehingga Lawrence Dunn dkk menyimpulkan bahwa untuk penggunaan pengukuran *solar irradiance* yang bertujuan untuk memonitoring performansi dari PLTS, cell PV yang terkalibrasi lebih baik daripada *pyranometer* [2].

Kemudian ada beberapa permasalahan yang timbul dalam kinerja panel surya, salah satunya yaitu temperatur pada sel surya sangat mempengaruhi perpindahan elektron. Hal ini dikarenakan komponen semikonduktor pada sel surya sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Ketika suhu semakin naik, maka *band gap* (selisih atau celah energi antara pita valensi dengan pita konduksi) semikonduktor menurun, sehingga nilai resistansi semakin tinggi dan perpindahan elektron semakin melambat. Hal ini berefek kepada penurunan performa dari panel surya tersebut [4].

Pengembangan sistem pendinginan adalah salah satu cara untuk mengatasi masalah temperature pada panel surya. Sistem pendingin yang digunakan bisa

menggunakan media air baik itu air mineral, air laut, atau butiran air. Kebanyakan penelitian pendingin ini dilakukan menggunakan metode eksperimen maupun simulasi [5]. Media pendingin berupa material yang dapat berubah fase atau disebut *phase change material* (PCM) dikombinasikan dengan media udara telah dilakukan. Penurunan temperature panel yang terjadi sebanyak 3-5°C, dan hal ini berdampak pada peningkatan efisiensi listrik dan daya keluaran dari panel surya. Panas yang diserap oleh PCM dapat digunakan kemudian untuk aplikasi lainnya karena prinsipnya PCM dapat menyimpan panas yang diterima [6]. Dalam studi lain, media air melewati melalui tabung berdiameter kecil ditempatkan berdampingan dibagian bawah panel surya sebagai *heat sink* dapat menurunkan temperature panel sekitar 40°C [7]. Dalam upaya peningkatan performa panel telah dilakukan penelitian menggunakan media udara. Dalam penelitian ini panel surya temperatur maksimum permukaan dalam panel surya tanpa pendinginan berkisar 46-49°C, dan efisiensi listrik berkisar 6,1-6,7 %. Untuk panel surya yang menggunakan media udara sebagai pendinginnya, suhu permukaan maksimum hanya mencapai 42°C, dan efisiensi meningkat menjadi 7,0-7,8% [8].

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, pendinginan panel surya sangat bergantung pada media pendingin yang digunakan. Pendinginan panel surya dengan media udara sangat dipengaruhi oleh kecepatan udara. Di sisi lain kecepatan udara pada kondisi luar ruangan, dapat dipengaruhi oleh cuaca dan ketinggian. Variasi ketinggian mulai 1 sampai dengan 30 meter, menghasilkan hembusan udara bervariasi mulai dari 1 m/s sampai dengan 4.7 m/s [9]. Selain itu, menempatkan panel surya di atap gedung dengan ketinggian tertentu atau di atap kendaraan listrik dalam keadaan berjalan dapat mempengaruhi kecepatan udara. Sehingga perlu dilakukan pengamatan efek kecepatan udara lebih lanjut pada performa pendinginan panel apabila diaplikasikan [4].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan, kali ini peneliti mencoba untuk merancang system monitoring dan menambahkan sensor suhu serta kecepatan angin untuk memonitoring performa dari panel surya. Diharapkan akan diketahui kinerja dan efisiensi dari panel surya yang diakibatkan oleh pengaruh perubahan suhu panel surya, dan kecepatan angin.

II. METODE PENELITIAN

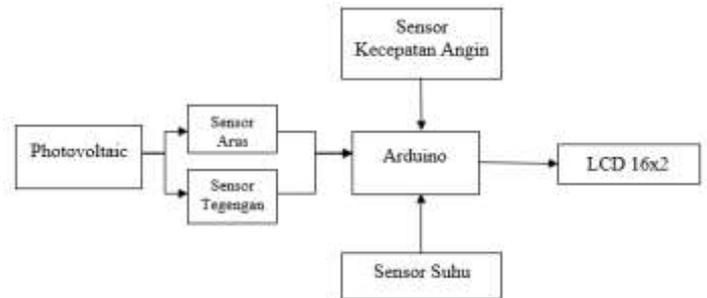
A. Metode

Pada penelitian kali ini menggunakan metode Observasi langsung dimana alat yang sudah jadi akan langsung dicoba di rooftop Gedung Elektro Institut Teknologi Nasional Malang pada pukul 09:00 sampai dengan 16:00. Kemudian data yang diambil langsung dianalisis bagaimana pengaruh tiap parameter terhadap keluaran dari panel surya.

B. Blok Diagram Alat

Blok diagram ini berisikan tentang komponen-komponen yang di pakai dalam pembuatan sensor

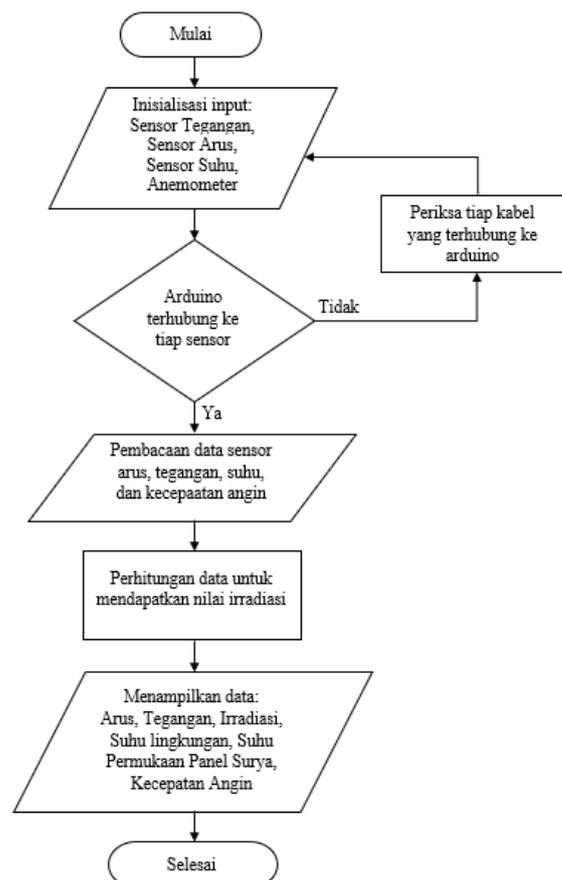
irradiasi. Dimana komponen tersebut adalah Panel Surya, Sensor Tegangan, Arus, Suhu, Kecepatan Angin, Arduino Uno, LCD 16x2 I2C. Sensor arus dan tegangan yang terhubung dengan panel surya akan dibaca oleh Arduino, kemudian anemometer akan membaca kecepatan angin yang berhembus pada area panel surya, dan sensor suhu akan membaca suhu pada panel surya. Semua data yang terbaca kemudian ditampilkan pada LCD 16x2 I2C dan juga akan ditampilkan pada ms. Exel dengan menggunakan software tambahan yaitu PLX-DAQ.



Gambar 1. Blok Diagram Alat

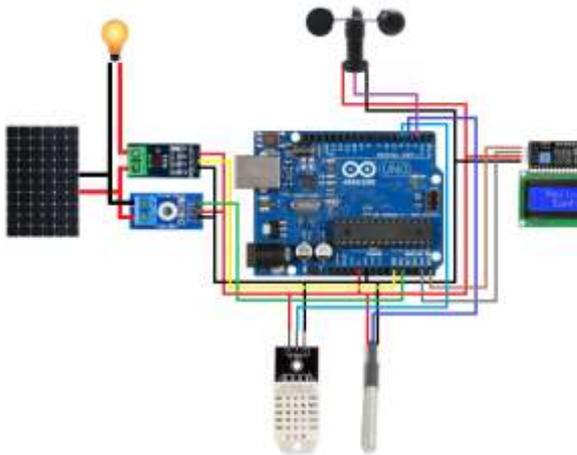
C. Sistem Kerja Alat

Untuk system kerja alat dapat dilihat pada gambar 2 yang dimana proses nya sesuai dengan flowcart yang telah di buat.



Gambar 2. Flowchart Sistem Kerja Alat

D. Gambar Rangkain Alat



Gambar 3. Gambar Rangkain Alat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan Hardware



Gambar 4. Hasil Perakitan Alat

B. Pengujian Sensor Tegangan dan Arus

Pengujian sensor tegangan dan arus dilakukan untuk melihat seberapa besar nilai error dari sensor sebelum digunakan untuk pengambilan data secara langsung. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan menggunakan beban 12V 25 Watt dan step down 12V untuk menyesuaikan beban yang digunakan. Bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor Arus dan Tegangan

Beban	Tegangan (V)			Arus (A)		
	Multimeter	Sensor	Error %	Multimeter	Sensor	Error %
12V 25W	17,74	17,89	0,84	1,44	1,43	0,69
	18,32	18,45	0,71	1,24	1,22	1,61
	18,68	18,93	1,33	1,83	1,79	2,18
	19,13	19,54	2,14	1,52	1,50	1,31
	20,73	20,92	0,92	1,18	1,17	0,84
Rata-rata Error		-	1,18	-	-	1,33

Pada Tabel 1 menunjukkan bagaimana akurasi dari sensor tegangan dan arus yang dimana nilai rata-rata error yang diperoleh sensor tegangan sekitar 1,18% dan untuk sensor arus sekitar 1,33%.

C. Pengujian Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap suhu Permukaan Panel Surya dan Keluaran Yang Dihasilkan

Pengujian dilakukan dengan menambahkan kotak yang dihembuskan udara menggunakan blower yang variasi kecepatannya 2, 3, 4, dan 5 m/s. pada kondisi tanpa kotak pendingin blower dimatikan. Kemudian perubahan suhu pada panel surya dan keluaran yang dihasilkan diukur setiap 5 menit. Untuk irradiansi menggunakan lampu sorot dengan daya 500 watt.

Table 2. Pengujian Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Suhu dan Daya Keluaran.

Pengujian	Ts (°C)	Daya (watt)	G (W/m ²)	Efisiensi Listrik (%)
Tanpa Kotak Pendinginan	38,00	3,29	278,00	3,13
	40,55	3,26	278,00	3,10
	43,88	3,22	278,00	3,07
	47,88	3,20	278,00	3,05
	50,75	3,18	278,00	3,03
Pendinginan (2m/s)	52,88	3,16	278,00	3,01
	33,75	3,34	278,00	3,19
	36,10	3,32	278,00	3,16
	37,80	3,29	278,00	3,14
	39,25	3,28	278,00	3,12
Pendinginan (3m/s)	40,13	3,27	278,00	3,11
	40,50	3,26	278,00	3,11
	33,62	3,35	278,00	3,19
	35,50	3,32	278,00	3,17
	37,20	3,30	278,00	3,15
Pendinginan (4m/s)	38,00	3,29	278,00	3,13
	38,95	3,28	278,00	3,12
	39,40	3,27	278,00	3,12
	33,54	3,36	278,00	3,20
	35,25	3,33	278,00	3,17
Pendinginan (5m/s)	36,75	3,31	278,00	3,15
	37,25	3,30	278,00	3,14
	37,80	3,29	278,00	3,14
	38,25	3,29	278,00	3,13
	33,43	3,37	278,00	3,21
Pendinginan (5m/s)	34,85	3,33	278,00	3,18
	36,25	3,32	278,00	3,16
	36,50	3,31	278,00	3,15
	37,00	3,30	278,00	3,15
	37,60	3,30	278,00	3,14

Data berdasarkan referensi jurnal

Dalam pengujian menggunakan pendinginan menghasilkan rata-rata efisiensi sebesar 3,151 %. Kenaikan kecepatan udara dengan interval 1 m/s akan menghasilkan nilai rata-rata penurunan temperatur sebesar 0,7° C dan nilai rata-rata kenaikan daya output sebesar 0,03watt serta nilai rata-rata kenaikan efisiensi listrik panel surya sebesar 0,02 %. Sementara tanpa menggunakan pendingin, rata-rata efisiensi yang dihasilkan adalah 3,065 %. Maka dapat disimpulkan bahwa pengujian panel surya dengan menggunakan pendinginan udara lebih efisien dibandingkan dengan panel surya tanpa pendinginan serta perubahan kecepatan udara mempengaruhi temperatur, daya output dan efisiensi listrik dari panel surya [4].

D. Pengujian Performa Panel Surya Secara Langsung

Pengujian Voutput dan Ioutput pada panel surya dilakukan mulai dari pukul 09:00 sampai dengan 16:00 dengan beban lampu 12V 25Watt. Pengujian ini dilakukan di rooftop Gedung Elektro Institut Teknologi Nasional. Lokasi tersebut dipilih agar dapat mendapat hembusan angin alami secara maksimal. Hal ini sesuai dengan referensi yang menjelaskan bahwa penempatan panel surya pada ketinggian tertentu mempengaruhi hembusan angin yang diterima. Pada pengujian kali ini data yang diambil adalah kecepatan angin, suhu panel surya, irradiansi matahari dan, daya yang dihasilkan.

Pengambilan data dilakukan setiap 5 menit, agar mendapatkan tingkat keakuratan yang cukup baik, namun pada tabel 3 sudah dirata-ratakan menjadi 20 menit untuk setiap data.

Table 3. Pengujian Performa Panel Surya Secara Langsung

Waktu	Daya (Watt)	Kecepatan Angin (m/s)	Suhu (°C)	Irradiansi (W/m ²)	Efisiensi %
09:00	27,95	0	42,4	678,000	48,19
09:20	28,65	0	46,9	972,700	49,40
09:40	30,34	0	50,7	1099,800	52,31
10:00	30,29	0,32	50,6	1053,800	52,22
10:20	27,33	1,57	38,2	381,900	47,12
10:40	28,52	1,88	47,4	1075,400	49,17
11:00	32,4	2,51	46,1	1099,900	55,86
11:20	27,85	0,32	50,1	677,500	48,02
11:40	27,45	0	57,3	1065,100	47,33
12:00	27,58	0	56,0	1042,600	47,55
12:20	30,12	3,14	48,6	1058,000	51,93
12:40	30,23	2,2	49,9	1004,300	52,12
13:00	30,56	2,83	48,5	913,500	52,69
13:20	30,43	1,88	48,0	933,500	52,47
13:40	29,93	1,57	45,4	706,200	51,60
14:00	28,29	1,57	34,6	260,300	48,78
14:20	28,32	1,88	32,8	261,800	48,83
14:40	27,8	0,33	32,3	194,400	47,93
15:00	27,5	1,88	30,8	156,300	47,41

15:20	26,4	3,14	29,1	145,800	45,52
15:40	26,4	1,57	29,0	125,900	45,52
16:00	26,3	1,88	28,3	112,700	45,34

Pada table 3 menunjukkan hasil pengujian performa dari panel surya secara langsung dimana pada suhu tertinggi panel surya mencapai 57,3°C dan terendah adalah 28,3°C. Suhu tertinggi terjadi pada pukul 11:40 dimana irradiansi yang diterima 1065,6 W/m² tanpa ada hembusan angin menghasilkan daya keluaran 27,45 Watt dan efisiensi 47,33%. Untuk daya tertinggi mencapai 32,4 yang terjadi pada pukul 11:00 dimana irradiansi yang diterima mencapai 1099,9 W/m² dan terdapat hembusan angin dengan rata-rata 2,51 m/s yang menyebabkan penurunan suhu pada panel surya menjadi 48,6°C dan efisiensi dari panel surya mencapai 55,86 %. Berdasarkan table 3, pada saat irradiansi mencapai 1000 W/m² suhu permukaan panel surya mencapai 50°C dimana daya yang dihasilkan mulai menurun.

IV. KESIMPULAN

Dalam pengujian panel surya, hembusan angin yang mengenai panel surya sangat berpengaruh pada keluaran yang dihasilkan karna berperan sebagai pendingin. Kenaikan suhu panel surya diatas 50°C menurunkan performa dari panel surya yang dimana terjadi penurunan daya yang dihasilkan. Saat terjadi hembusan angin terjadi penurunan suhu pada permukaan panel surya yang menyebabkan adanya kenaikan pada daya yang dihasilkan. Dapat disimpulkan bahwa pemasangan panel surya pada area yang mendapat hembusan angin cukup baik akan membuat performa panel surya juga menjadi optimal karna mendapat asupan pendingin secara alami. Tapi factor alam sangat sulit di prediksi, maka dari itu untuk mendapatkan performa panel surya yang sangat optimal maka perlu dipasang pendingin buatan.

V. DAFTAR PUSTAKA

[1] H. EBTKE, "Indonesia Kaya Energi Surya, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda," Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan Dan Konservasi Energi, 2 September 2021. [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/09/02/2952/indonesia.kaya.energi.surya.pemanfaatan.listrik.tenaga.surya.oleh.masyarakat.tidak.boleh.ditunda>. [Accessed 3 Desember 2021].

[2] A. S. Adi, "Analisa Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Melalui Rancang Bangun Serta Pengukuran Dengan Sensor Solar Irradiance dan Temperature," Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016, p. 93.

[3] F. A. M. B. M. E. and A. , "A combined experimental and simulation study on the effects," *Science Dirrect Energy Procedia* 75, p. 373 – 380, 2015.

-
- [4] G. R. Cahyono, P. R. Ansyah and M. Munthaha, "Pengaruh Variasi Kecepatan Hembusan Udara Terhadap Temperatur, Daya Output dan Efisiensi Pada Pendinginan Panel Surya," *Jurnal Infotekmesin*, pp. 141-146, 2020.
- [5] D. Almanda and D. Bhaskara, "Studi Pemilihan Sistem Pendingin pada Panel Surya Menggunakan Water Cooler, Air Mineral dan Air Laut," *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR) Vol. 1 No. 2*, pp. 43-52, 2018.
- [6] N. Choubineh, H. Jannesarib and A. Kasaeian, "Experimental study of the effect of using phase change materials on the performance of an air-cooled photovoltaic system," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 101, pp. 103-111, 2019.
- [7] M. Schmidt, I. Astrouski, M. Reppich and M. Raudensky, "Solar panel cooling system with hollow fibres," *Appl. Sol. Energy (English Transl. Geliotekhnika)*, vol. 52, no. 2, pp. 86-92, 2016.
- [8] T. A. Rizal, M. Amin and P. H. Saputra, "Kaji Eksperimental Pendinginan Panel Surya Menggunakan Media Udara," *Jurutera*, vol. 1, no. 1, pp. 27-30, 2014.
- T. N. Robby, M. Ramdhani and C. Ekaputri, "Alat Ukur Kecepatan angin, Arah Angin, dan Ketinggian," *e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.2*, pp. 1457-1466, 2017.