

Sistem Pendingin Otomatis Panel Surya Untuk Peningkatan Daya Output Berbasis Mikrokontroler

Solar Panel Automatic Cooling System to Increase the Output Power Based on The Microcontroller

Tri Rahajoeningroem, Ichsan Jatnika

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Universitas Komputer Indonesia Jl. Dipati ukur No 112, Bandung

Email : tri.rahajoeningroem@email.unikom.ac.id

Abstrak - Panel surya akan menghasilkan energi listrik sesuai besar intensitas cahaya yang diterimanya dari pancaran cahaya matahari. Dimana suhu panel surya yang bekerja pada standar suhu normal (25°C) akan bekerja secara optimal. Apabila temperatur dari panel surya tersebut terlalu panas akan menurunkan kinerja dari sel surya tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem pendingin panel surya otomatis. Adapun metode yang dilakukan dengan cara mengalirkan air pada permukaan belakang panel surya melalui pipa saluran air yang terbuat dari alumunium pada bagian belakang panel surya. Dengan tujuan agar dapat menjaga temperatur dari panel surya tersebut agar tidak menerima panas berlebih yang mengakibatkan kinerja dari panel suryanya tidak maksimal. Pada pengujian ini menggunakan panel surya 50 Wp yang menggunakan pendingin dan tanpa pendingin. Didapat hasil daya rata-rata dari panel surya tanpa pendingin sebesar 22.32 Watt dan efisiensinya sebesar 12.62%, sedangkan daya rata-rata panel surya menggunakan pendingin didapat 27.8 Watt dan efisiensinya 15.09%. jika dibandingkan panel surya tanpa pendingin, panel surya yang menggunakan pendingin efisiensinya lebih besar didapat peningkatan efisiensi sebesar 2.47%.

Kata kunci : Panel Surya , Temperatur , Efisiensi, Energi, Listrik.

Abstract - Solar panels will produce electrical energy according to the intensity of light it receives from the sun's rays. Where the temperature of the solar panels that work at normal temperature standards (25°C) will work optimally. If the temperature of the solar panel is too hot, it will reduce the performance of the solar cell. The purpose of this research is to design an automatic solar panel cooling system. The method is carried out by flowing water on the back surface of the solar panel through a water pipe made of aluminum on the back of the solar panel. With the aim of being able to maintain the temperature of the solar panel so as not to receive excessive heat which results in the performance of the solar panel being not optimal.. This test using a 50 Wp solar panel that uses cooling and without cooling. The average power yield of uncooled solar panels is 22.32 Watts and an efficiency of 12.62%, while the average power of solar panels using coolers is 27.8 Watts and the efficiency is 15.09%. When compared to uncooled solar panels, solar panels that use cooled efficiency are more than the efficiency increase of 2.47%..

Keywords : Solar panels, Temperature, Efficiency, Energy, Electrical

I. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah energi yang banyak digunakan dalam kebutuhan manusia saat ini penggunaannya pun beragam mulai dari bidang industri ataupun untuk konsumsi rumah tangga. Kebutuhan listrik makin hari semakin meningkat karena berkembangnya zaman sehingga kebutuhan listrik ini meningkat karena banyaknya kebutuhan peralatan yang menggunakan energi listrik [1]. Salah satu masalah yang didapati pada pembangkit

listrik yang digunakan sekarang yaitu ketersediaan bahan bakar yang digunakan dalam waktu panjang akan menguras sumber daya alam seperti minyak bumi, gas dan batu bara sehingga ketersediannya semakin menipis. Oleh karena itu, pengembangan tenaga penghasil energi listrik baru dan terbarukan adalah solusi yang tepat untuk menjawab permasalahan ketersediaan tenaga pembangkit listrik tersebut.

Panel surya merupakan alat yang dapat mengkonversi energi sinar matahari menjadi energi

listrik. Panel surya akan menghasilkan energi listrik sesuai besar intensitas cahaya yang diterimanya dari pancaran cahaya matahari, suhu panel surya yang bekerja pada standar suhu normal (25°C) akan bekerja secara optimal [2]. Jika temperatur panel surya tersebut terlalu panas akan menurunkan kinerja dari sel surya tersebut. Tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya selalu berubah-ubah tergantung dari besarnya intensitas cahaya matahari yang jatuh ke permukaan panel surya.[3]

Pada perancangan pembuatan sistem pendingin panel surya otomatis ini didapat dari beberapa referensi penelitian-penelitian sebelumnya yang masih relevan dengan sistem yang akan dibuat, yaitu penelitian tentang perancangan sistem pendingin panel surya, perancangan pembuatan alat ukur panel surya, penggunaan sensor pendeteksi intensitas cahaya, pembuatan monitoring hasil dari panel surya dan pembuatan sistem akuisisi data menggunakan *software LabView*. Adapun penelitian yang relevan dan penelitian yang pernah dibuat tentang perancangan sistem pendingin pada panel surya diantaranya sebagai berikut. Pertama penelitian yang dibuat Afriandi tentang water cooling system ini akan mengalirkan air pada permukaan panel surya setiap 5 menit sekali dengan durasi 20 detik dan hasil dari pendinginan dengan metode tersebut mendapatkan output daya sebesar 14 watt lebih besar dari panel surya yang tidak memakai water cooling system yaitu output dayanya 13.61 watt dan panel surya yang digunakannya adalah panel surya 20wp [1]. Akan tetapi ada kekurangan dari penelitian ini yaitu pengontrolan pendinginnya dilakukan dengan mengalirkan air pada permukaan

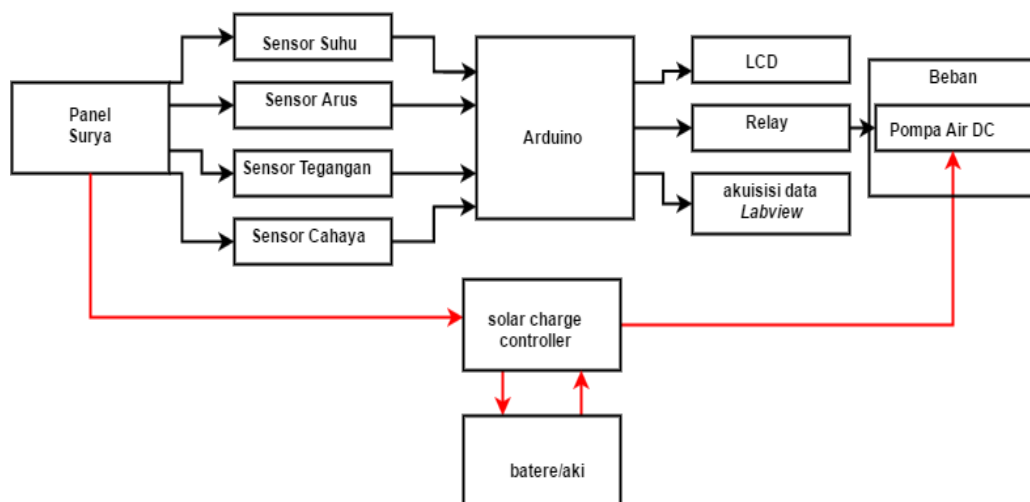
dengan cara ditimer setiap 5 menit sekali. Kedua penelitian yang dilakukan oleh Rivaldo Pido tentang analisa pengaruh pendinginan sel surya terhadap daya keluaran. Yaitu dengan cara mengalirkan air kebagian permukaan bawah panel surya untuk menurunkan temperature panel surya dan didapat hasil dari panel surya yang menggunakan alat pendingin yaitu efisiensi dayanya sebesar 8.11 % dan efisiensi daya dari panel surya tanpa pendinginnya didapat efisiensi sebesar 7.57 %.[3] Tetapi pada pengambilan datanya untuk dianalisa tidak otomatis. Dari kedua penelitian sebelumnya untuk pengakuisisian datanya tidak otomatis serta belum bisa metode pengukurannya pun secara manual.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah alat pendingin otomatis untuk panel surya agar meningkatkan efisiensi daya output yang dihasilkan panel surya, serta membuat alat untuk mengukur keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dan data-data yang dihasilkan dari panel surya dapat diakuisisi untuk memudahkan proses penganalisaan menggunakan *software labview* dan hasilnya pun dapat dilihat pada layar monitor komputer dan *LCD*.

II. METODOLOGI

A. Perancangan Sistem Keseluruhan

Proses perancangan sistem pendingin panel surya ini terdapat beberapa komponen yang menjadi penunjang dimana semuanya dapat dilihat di blok diagram dari sistem yang dibuat yang terdapat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Alat

Dilihat dari blok diagram tersebut ada garis yang berwarna merah yaitu sistem kerja dari panel surya, sedangkan garis yang berwarna hitam menunjukkan sistem monitoring dan kontrol yang dibuat.

Berikut Penjelasan Blok Diagram Sistem tersebut:

1. Panel surya ini berfungsi mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik menggunakan prinsip efek photovoltaic
2. *Solar Charge Controller* ini berfungsi untuk mengontrol pengisian daya yang dihasilkan oleh panel surya ke baterai agar tidak terjadi pengisian berlebih pada baterai yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai dan solar charge controller ini bisa mengalirkan daya ke beban [4][5][6].
3. Baterai disini memiliki fungsi sebagai penyimpanan daya yang dihasilkan oleh panel surya
4. Beban, daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya ini yang sudah disimpan pada baterai bisa langsung dipergunakan ke beban. Beban yang digunakan pada penelitian ini adalah pompa air yang akan digunakan untuk memompa air untuk mendinginkan panel surya apabila temperature panel terlalu panas.
5. Sensor Arus ini fungsinya untuk mengetahui arus yang dihasilkan dari panel surya.
6. Sensor Tegangan ini fungsinya untuk mengetahui tegangan yang dihasilkan dari panel surya
7. Arduino berfungsi sebagai mikrokontroler yang digunakan untuk memprogram dan mengolah data masukan dari beberapa sensor dan juga untuk mengontrol menyalakan relay yang tersambung pada pompa air.
8. Sensor Suhu ini berfungsi untuk mendeteksi temperature suhu pada panel surya lalu dikirimkan hasil nya ke arduino.
9. Sensor cahaya ini untuk mendeteksi seberapa besar nilai intensitas cahaya matahari.
10. Relay ini berfungsi sebagai saklar on/off otomatis pada pompa air dc.
11. Pompa air dc ini digunakan sebagai output untuk mengalirkan air pada pipa pendingin panel surya.

12. LCD ini untuk menampilkan nilai suhu, arus, tegangan, daya dan nilai intensitas cahaya matahari.

13. Akuisisi Data, pada blok akuisisi data ini berfungsi mencatat data tegangan, arus dan suhu dari waktu ke waktu yang telah terintegrasi dengan sensor dimana pembuatan akuisisi data ini menggunakan software labview.

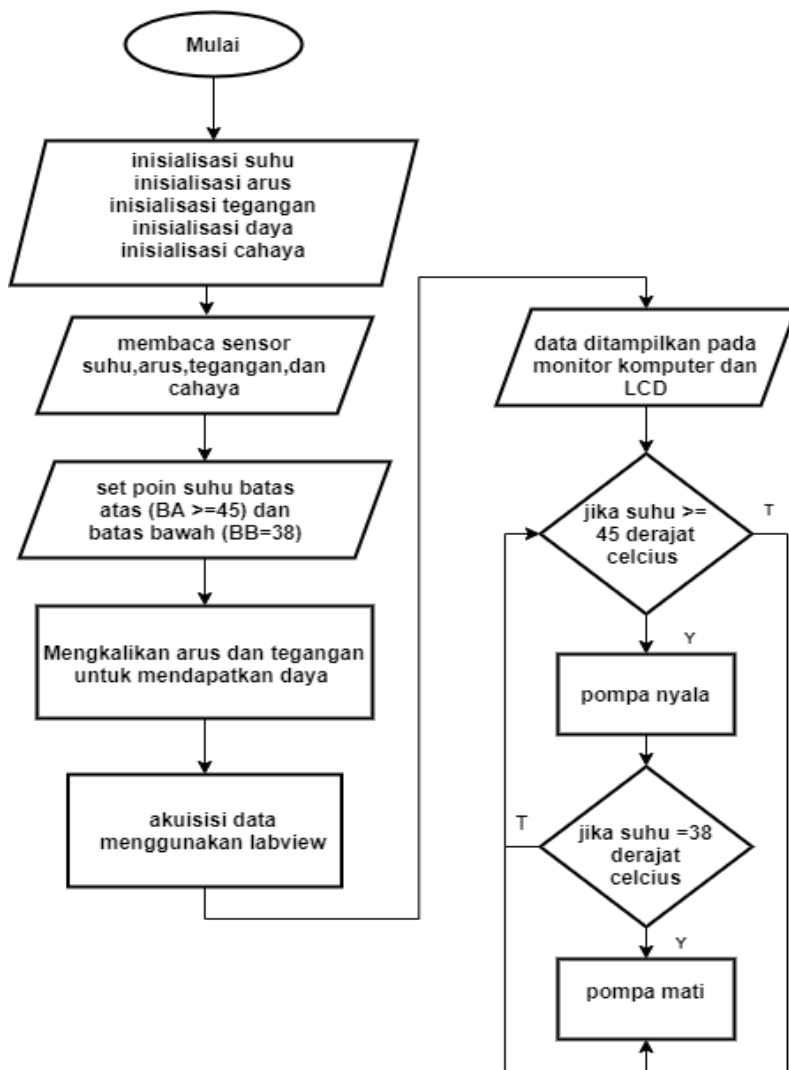
Pada bagian ini akan menjelaskan bagaimana sistem alat yang dibuat mempunyai tugas apa saja yang dilakukan diantaranya yaitu proses pembacaan sensor, pengolahan data sensor, pengakuisisian data nya, pengaturan kontrol untuk pendinginnya dan menampilkan data di LCD dan monitor komputer. Proses kerja sistem ini dijelaskan melalui flowchart yang terdapat pada **Gambar 2**.

B. Rangkaian keseluruhan sistem

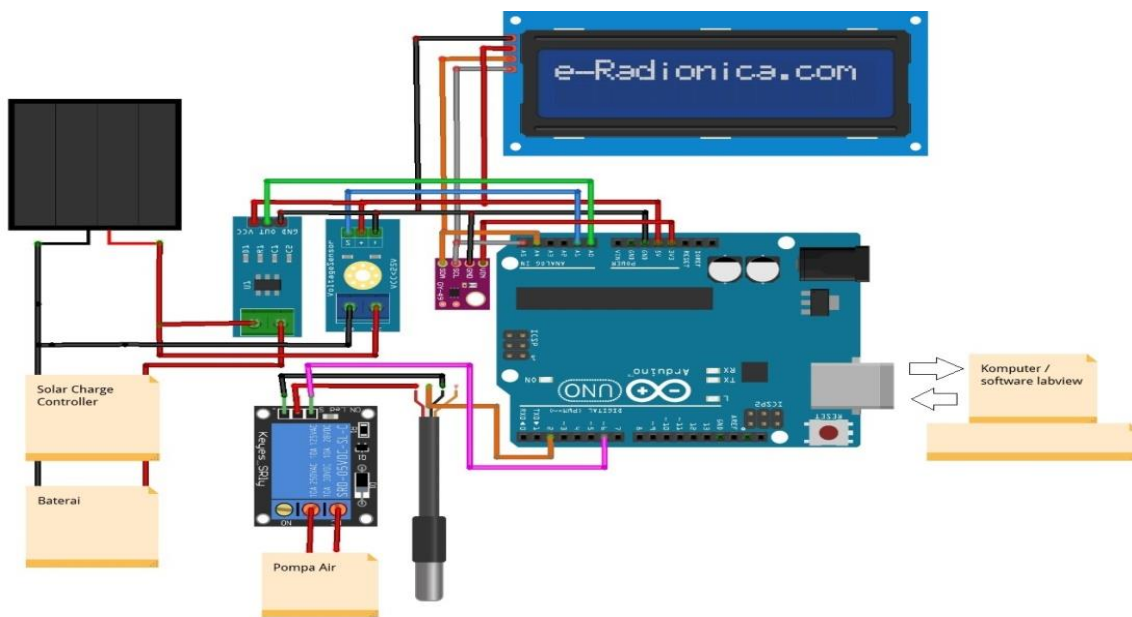
Untuk perancangan perangkat keras pada sistem yang akan dibuat ini dilakukan perancangan pada beberapa sistem elektronik yang meliputi perangkaian komponen – komponen elektronik yang nantinya akan saling terhubung dan terintegrasi membentuk suatu sistem monitoring dan kendali dengan tujuan hasil rancangan sistem dapat bekerja dengan baik. Adapaun rangkaian dari keseluruhan sistem yang dapat dilihat pada **Gambar 3**. Sedangkan untuk desain pendingin panel surya nya dapat dilihat pada **Gambar 4**.

C. Perancangan Interface

Dalam perancangan pembuatan interface ini menggunakan *software labview* yang memanfaatkan koneksi serial port dari arduino [7][8]. Tidak hanya *interface* saja yang menggunakan *labview* untuk pengakuisisian data juga menggunakan *software labview* [9]. Dapat dilihat *interface* nya pada **Gambar 5**. Dimana pada **Gambar 5** menunjukkan hasil monitoring dari data-data sensor seperti temperatur, tegangan, daya, iradiasi cahaya dan Arus.

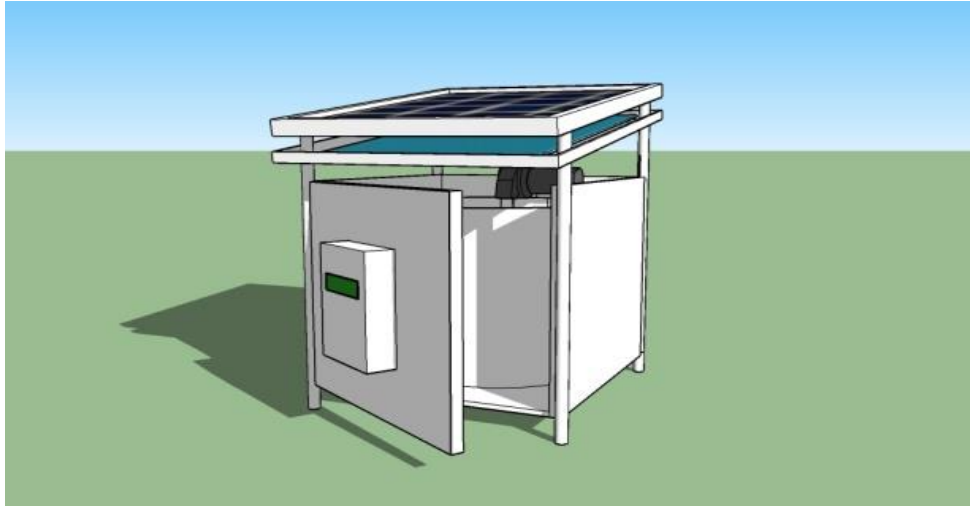


Gambar 2 Flowchart sistem

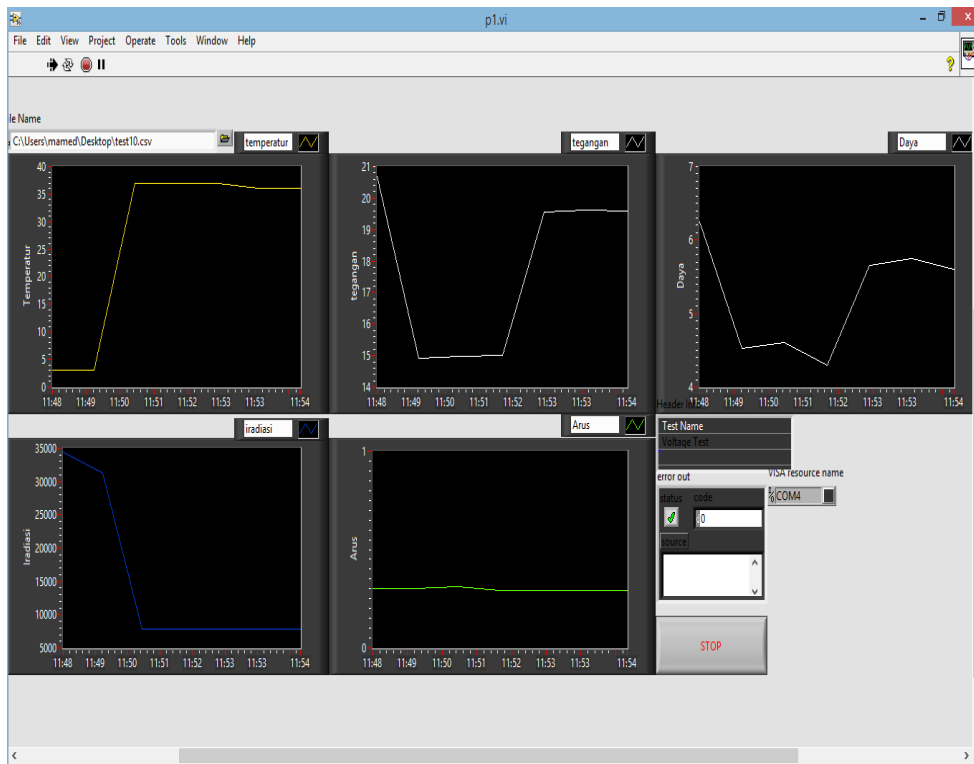


Gambar 3. Rangkaian Keseluruhan Sistem

fritzing



Gambar 4. Desain Panel Surya Menggunakan Pendingin



Gambar 5. Interface Data Panel Surya

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan menampilkan data-data hasil dari pengujian panel surya yang menggunakan pendingin dan panel surya yang tidak menggunakan pendingin. Untuk yang pertama dapat dilihat tabel data dari panel surya tanpa pendingin yang terdapat pada **Tabel I**.

Tabel 1. Data Panel Surya Tanpa Pendingin

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Iradiasi cahaya (W/m ²)	Suhu (°C)
10.03	20.45	1.11	22.69	693	44
10.08	20.32	1.11	22.55	693	44
10.13	19.45	0.88	17.11	450	45

10.18	19.57	0.99	19.37	495	45
10.23	19.89	1.01	20.08	544	45.5
10.28	19.56	1.1	21.51	544	46
10.33	19.63	1.1	21.59	693	46
10.38	19.56	1.21	25.62	693	46
10.43	19.12	0.99	18.92	450	45
10.48	19.52	1.12	21.86	495	45
10.53	19.67	1.25	24.58	693	46
10.58	19.52	1.25	24.4	693	47
11.03	19.52	1.33	25.96	693	48
11.08	19.61	1.23	24.12	693	48
11.13	20.01	1.34	26.81	742	48.5

11.18	19.89	1.33	26.45	742	49
11.23	19.52	1.2	23.42	693	49.5
11.28	19.89	1.3	25.85	742	50
11.33	20.12	1.22	24.54	742	50
11.38	19.97	1.22	24.36	742	50
11.43	20.87	1.34	27.96	792	50
11.48	20.87	1.34	27.96	742	51.5
11.53	20.87	1.4	29.18	792	51.5
11.58	20.87	1.4	29.18	792	51
12.03	20.85	1.22	25.43	742	50
12.08	20.6	1.22	25.13	742	50
12.13	19.54	1.33	25.98	693	49
12.18	19.37	1.24	24.01	693	48
12.23	19.44	1.24	24.10	693	48
12.28	19.5	1.01	19.69	693	47
12.33	19.88	1.1	21.86	693	47
12.38	19.57	1.23	24.07	693	48
12.43	19.91	1.22	24.29	742	48
12.48	19.88	1.33	26.44	742	49
12.53	19.88	1.23	24.45	742	50
13.03	19.54	1.22	23.83	693	50
13.08	19.54	1.25	24.42	693	49
13.13	19.76	1.11	21.93	594	48
13.18	19.12	0.88	16.82	693	48
13.23	19.5	1.11	21.64	594	48
13.28	19.5	1.11	21.64	643	48
13.33	19.66	0.99	19.46	643	47
13.38	19.97	0.99	19.77	643	47
13.43	20.12	1.12	22.53	643	47
13.48	20	1.12	22.4	594	47
13.53	20.05	1.1	22.05	594	46
13.58	20.23	1.23	24.88	594	46
14.03	20.97	1.11	23.27	594	46.5
14.08	20.97	1.13	23.69	544	45
14.13	19.12	1.12	21.41	544	45
14.18	19.54	1.12	21.88	544	44
14.23	19.66	0.77	15.13	495	43
14.28	19.55	0.77	15.05	495	43
14.33	19.5	0.77	15.01	495	43
14.38	19.5	0.75	14.62	445	42
14.43	19.5	0.77	15.20	445	42
14.48	19.66	0.88	17.30	445	41
14.53	19.5	0.88	17.16	445	41
14.58	19.5	0.78	15.21	445	41

Dari **Tabel 1.** diatas maka didapatkan hasil dari rata-rata tegangan dan arus yang dihasilkan selama

pengamatan adalah 19.83 V dan arus 1.1 A dan daya 22.32 watt. Untuk temperatur tertinggi nya didapat 51.5 °C dan rata-rata temperatur nya 46.83 °C. dan iradiasi cahaya tertinggi pada 792 W/m².

Untuk mengetahui efisiensi dari panel surya tanpa pendingin ini dilakukan perhitungan yaitu dengan mengetahui nilai daya maksimum yang tercatat pada **Tabel I** didapatkan nilai Pmax = 29.18 Watt untuk Vmax = 20.87 Volt dan Imax = 1.4 Ampere.

Untuk tahap awal perhitungan yaitu mencari nilai fill faktor sebagai berikut:

Keterangan :

- FF : Fill faktor Ir : Radiasi cahaya
- Pout : Daya output η : Efisiensi daya
- Pin : Daya input A : Luas sel surya

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{20.87 \times 1.4}{21.6 \times 3.23} = 0.418$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 21.6 \times 3.23 \times 0.418$$

$$= 29,16 \text{ watt}$$

$$P_{in} = I_r \times A$$

$$= 792 \text{ W/m}^2 \times 0.2925 \text{ m}^2$$

$$= 231 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{29.16}{231} \times 100\% = 12.62 \%$$

Dari data yang diperoleh dari pengujian panel surya tanpa sistem pendingin dapat diketahui besarnya Pout sebesar 29.18 Watt dan efisiensi sebesar 12.62 %.

Sedangkan untuk data panel surya yang menggunakan pendingin dapat dilihat pada **Tabel II.**

Tabel II. Data Panel Surya Menggunakan Pendingin

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Iradiasi cahaya (W/m ²)	Suhu (°C)
10.03	19.6	0.91	17.83	371	37
10.08	19.5	0.77	13.65	321	37
10.13	20.97	0.77	15.30	321	38
10.18	20.51	0.88	18.04	371	40
10.23	20.8	0.88	18.30	371	40.5
10.28	20.56	0.96	19.73	321	41
10.33	20.63	1.07	22.07	396	41
10.38	20.32	1.31	26.61	693	43
10.43	20.12	1.43	28.77	742	44
10.48	19.73	1.34	26.43	742	45
10.53	19.95	1.33	26.53	693	43
10.58	19.82	1.43	28.34	693	43
11.03	20	1.43	28.6	693	42.5
11.08	20.56	1.53	31.45	693	41.5

11.13	20.97	1.5	31.45	742	41
11.18	21.33	1.53	32.63	742	40
11.23	21.36	1.44	30.75	693	39.5
11.28	21.48	1.64	35.22	792	40
11.33	21.24	1.5	31.86	742	38
11.38	21.14	1.5	31.71	742	39
11.43	21.40	1.6	34.24	742	39.5
11.48	21.45	1.54	33.03	742	40
11.53	21.37	1.54	32.90	792	40
11.58	21.28	1.44	30.64	693	42
12.03	20.97	1.53	32.08	693	42
12.08	20.58	1.33	27.37	693	43
12.13	20.32	1.33	27.02	693	43.5
12.18	20.32	1.44	29.26	742	44
12.23	19.88	1.44	28.62	742	45
12.28	19.56	1.32	25.81	544	44
12.33	20.34	1.43	29.08	693	42
12.38	20.37	1.35	27.49	693	42
12.43	21.08	1.45	30.56	643	41
12.48	20.9	1.35	28.21	693	41
12.53	20.66	1.44	29.75	693	40
13.03	20.55	1.42	29.18	693	41
13.08	20.68	1.6	33.08	643	42
13.13	20.66	1.53	31.60	643	41
13.18	21.12	1.43	30.20	594	40
13.23	20.95	1.53	32.05	643	41
13.28	21.25	1.44	30.6	594	40
13.33	21.12	1.43	30.20	643	41
13.38	20.33	1.43	29.07	643	41
13.43	21.21	1.42	30.11	643	40
13.48	21.27	1.42	30.20	594	39.5
13.53	21.27	1.44	30.62	544	38
13.58	21.36	1.4	29.90	544	39
14.03	20.97	1.33	27.89	544	40
14.08	20.97	1.43	29.98	544	40
14.13	21.12	1.49	31.46	544	39
14.18	21.14	1.33	28.11	544	39
14.23	20.97	1.27	26.63	495	39
14.28	20.75	1.34	27.80	495	39
14.33	20.97	1.24	26	495	40
14.38	20.76	1.24	25.74	495	40
14.43	20.97	1.24	26	445	39
14.48	20.2	1.11	22.42	445	39
14.53	20.33	1.04	21.14	445	39
14.58	20.2	1.04	21	445	39

Dari **Tabel 2** didapatkan hasil dari rata-rata tegangan dan arus yang dihasilkan selama pengamatan adalah 21.48 V dan arus 1.64 A dan daya 35.22 Watt. Untuk temperatur tertinggi nya didapat 45 °C dan rata-rata temperatur nya 40 °C. dan iradiasi cahaya tertinggi pada 792 W/m².

Untuk mengetahui efisiensi panel surya menggunakan pendingin dilakukan perhitungan yaitu dengan mengetahui nilai maksimum yang tercatat pada **Tabel 2**. didapatkan nilai Pmax = 35.22 watt untuk Vmax = 21.48 volt dan Imax = 1.64 ampere.

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{21.48 \times 1.64}{21.6 \times 3.23} = 0.50$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \\ = 21.6 \times 3.23 \times 0.50 \\ = 34,88 \text{ watt}$$

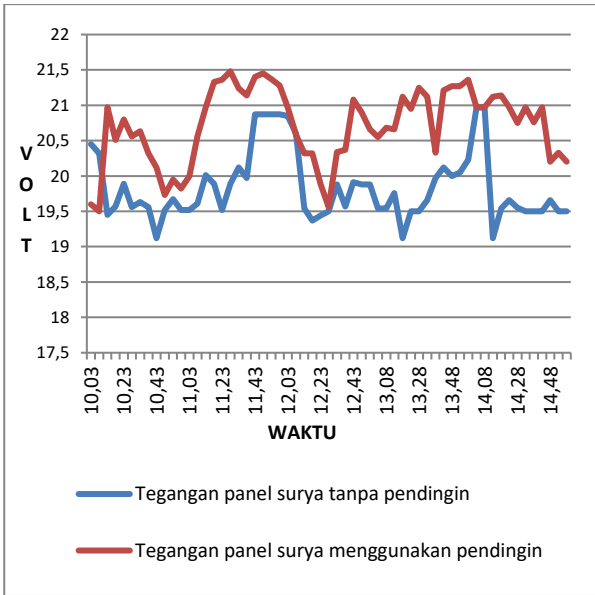
$$P_{in} = I_r \times A \\ = 792 \text{ W/m}^2 \times 0.2925 \text{ m}^2 \\ = 231 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ = \frac{34.88}{231} \times 100\% = 15.09 \%$$

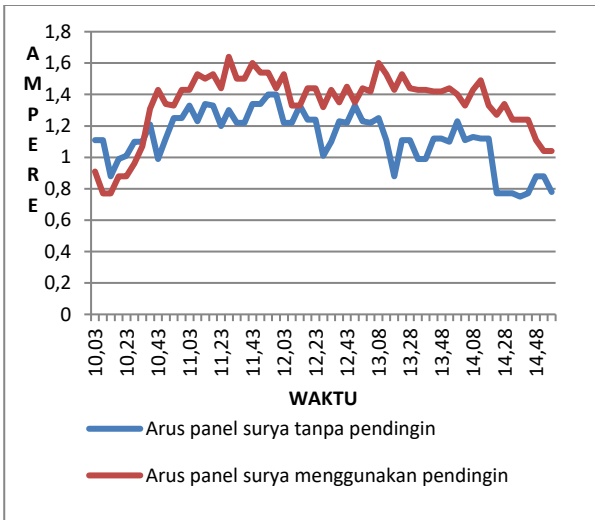
Dari data yang diperoleh dari pengujian panel surya tanpa sistem pendingin dapat diketahui besarnya Pout sebesar 34.88 Watt dan efisiensi sebesar 15.09 %.

Untuk melihat perbandingan output panel surya yang berpendingin dan tidak berpendingin dimana parameter yang dibandingkan nya antara lain tegangan, arus, dan daya dari panel surya dan digambarkan dalam bentuk grafik. Berikut perbandingan tegangan dari panel surya tanpa pendingin dan panel surya yang menggunakan pendingin dalam tampilan grafik dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Setelah melihat dari grafik tersebut didapat tegangan panel surya menggunakan pendingin lebih besar dibandingkan panel surya tanpa pendingin. Untuk nilai tegangan rata-rata panel surya tanpa pendingin didapat 19.83 V sedangkan untuk tegangan panel surya berpendingin rata-rata nya 20.7 V. Sedangkan untuk grafik perbandingan arus dari panel surya tanpa pendingin dan panel surya yang menggunakan pendingin dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Tegangan Panel Surya Tanpa dan Menggunakan Pendingin



Gambar 7. Grafik Perbandingan Arus dari Panel Surya Tanpa Pendingin dan Panel Surya Yang Menggunakan Pendingin

Dilihat dari grafik nya nilai arus dari panel surya tanpa pendingin didapat nilai rata-rata 1.1 A dan

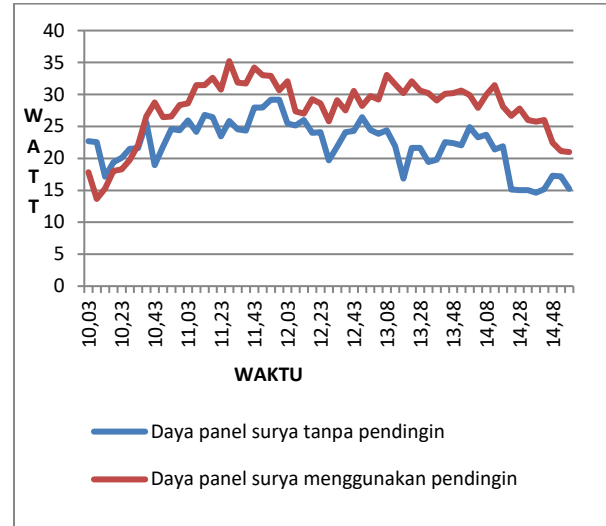
Tabel III. Perbandingan Output Panel Surya Berpendingin dan Tidak Berpendingin

Panel Surya	\bar{V} (Volt)	\bar{I} (Ampere)	\bar{P} (Watt)	Efisiensi (%)	Suhu Rata-rata(°C)	Iradiasi cahaya Rata-rata (Watt/m ²)
Tanpa Pendingin	19.83	1.1	22.32	12.62	46.83	635
Dengan Pendingin	20.7	1.34	27.8	15.09	0	605

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan sistem dan hasil pengujian serta analisis yang telah dilakukan dari perancangan pendingin panel surya dapat diambil beberapa kesimpulan. Hasil dari panel surya tanpa pendingin didapatkan tegangan output rata-rata

untuk nilai arus rata-rata panel surya berpendingin senilai 1.34 A lebih besar dari panel tanpa pendingin. Untuk perbandingan daya yang dihasilkan panel surya tanpa pendingin dan panel surya berpendingin dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Daya yang Dihasilkan Panel Surya Tanpa Pendingin dan Panel Surya Berpendingin

Setelah dilihat dari grafik tersebut nilai daya dari panel surya tanpa pendingin didapat rata-rata 22.32 watt dan daya yang dihasilkan dari panel surya berpendingin didapat rata-rata nya senilai 27.8 watt lebih besar dari panel surya tanpa pendingin.

Setelah dilakukan dari beberapa pengamatan hasil dari perancangan sistem yang dibuat dapat disimpulkan peningkatan daya yang dihasilkan dari panel surya berpendingin lebih besar dibanding panel surya tanpa pendingin dan temperature dari panel surya berpendingin lebih rendah dari panel surya tanpa pendingin. Untuk melihat dari keseluruhan perbandingan output panel surya yang menggunakan pendingin dan panel surya tanpa pendingin dapat dilihat pada Tabel III.

19.83 V dan arus 1.1 A dan daya 22.32 watt. Serta didapatkan efisiensi daya sebesar 12.62 %. Hasil dari panel surya dengan menggunakan pendingin tegangan output rata-rata 20.7 V dan arus 1.34 A dan daya 27.8 watt. Serta didapatkan efisiensi daya sebesar 15.09 %. Jika dibandingkan panel surya tanpa pendingin, panel surya yang menggunakan pendingin efisiensi nya lebih besar didapat

peningkatan sekitar 2.47 %. Nilai untuk temperatur panel surya tanpa pendingin tertinggi nya didapat 51.5 °C dan rata-rata temperatur nya 46.83 °C. sedangkan untuk temperatur panel surya menggunakan pendingin didapat temperatur tertinggi nya 45 °C dan rata-rata temperaturnya 40 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Cahyadi, "Rancang bangun solar tracking system dual axis untuk memaksimalkan penerimaan cahaya matahari berbasis arduino mega," Politeknik Negeri Bandung, 2019.
- [2] I. Yusuf, P. Studi, T. Elektro, J. Elektro, F. Teknik, and U. Tanjungpura, "Implementasi Water Cooling System Untuk Menurunkan Temperature Losses Pada Panel Surya," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 1, no. 2, pp. 3–5, 2017.
- [3] R. Pido, S. Himran, and Mahmuddin, "Analisa Pengaruh Pendinginan Sel Surya Terhadap Daya Keluaran dan Efisiensi," *Teknologi*, vol. 19, no. 1, pp. 31–38, 2018.
- [4] I.F. Sanjaya, "Sistem monitoring dan pengendalian beban daya listrik Solar Home System(SHS) menggunakan mikrokontroler via Internet Of Things (IOT)," Universitas Komputer Indonesia, 2017.
- [5] Krismadinata, Aprilwan, and A. B. Pulungan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Simulator Modul Surya," *Pros. - Semin. Nas. Tek. Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, no. Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung (SENTER 2018), pp. 192–201, 2018.
- [6] B. Maharmi, F. Ferdian, and F. Palaha, "Sistem Akuisisi Data Solar Cell Berbasis Mikrokontroler dan Labview," *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 19–24, 2019.
- [7] Utama, J., & Saputra, M. D. Design of electric wheelchair controller based on brainwaves spectrum EEG sensor. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 407, No. 1, p. 012080)*. IOP Publishing, 2018.
- [8] Utama, J., & Palada, G. Prosthetic arm Controller Based on Brainwaves Spectrum EEG Sensor. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 662, No. 5, p. 052017)*. IOP Publishing, 2019.
- [9] Utama, J. Electrocardiogram (ECG) dengan Noise Reduction Berbasis Wavelet Menggunakan Pemrograman LabVIEW Electrocardiogram (ECG) with Noise Reduction Based on Wavelet Using LabVIEW Programming. vol, 1, 40-45, 2018.
- [10] Kharisma, W. A., & Utama, J. Portable Digital Oscilloscope Menggunakan PIC18F4550 Portable Digital Oscilloscope Based on PIC18F4550. *Telekontran*, 1(2), 39-49, 2013.