

SIRKULASI PENURUNAN TEMPERATUR TERHADAP PANEL SURYA DENGAN MENGUNAKAN ALIRAN AIR

Rosita Efriyanti¹, Marliyus Sunarhati²,

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang

e-mail : [e-mail: ita4857@gmail.com](mailto:ita4857@gmail.com)

marliyussunarhati@ymail.com

ABSTRAK

Salah satu kendala dalam penerapan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah rendahnya efisiensi dari panel surya. Pancaran energi matahari tidak seluruhnya diubah menjadi energi dimana terdapat pula energi panas, ketidak stabilan temperatur pada panel surya sering mengakibatkan terjadinya rugi tegangan, maka dari itu penulis membuat metode pendingin pada panel surya, agar temperatur pada panel bisa turun. Adapun metode penelitian yang digunakan yaitu pendingin panel surya dengan metode sirkulasi penurunan temperatur pada panel surya dengan menggunakan aliran air pada pipa kapiler yang dipasang dibelakang permukaan panel. Pemasangan pipa kapiler sendiri berjarak 2 cm, antara jarak yang satu dengan yang lain agar tidak terlalu rapat. Panel surya sendiri bekerja pada temperatur 25°C - 30°C, jika temperatur pada panel melebihi standar, maka temperatur pada panel mealami kenaikan serta temperatur PV panel tidak stabil. Hal ini disebabkan panel terlalu panas biasanya temperatur melebihi standar yaitu 33 °C. Adapun panel surya itu mengalami penurunan temperatur pada tengah hari sekitar pukul 11.30 – 12.30. Pada saat itu temperatur pada panel mengalami penurunan disebabkan panel terlalu panas, dalam hasil penelitian menunjukkan hasil dari panel surya yang tertinggi dalam tujuh hari penelitian dalam ini irradian tertinggi adalah pada jam 12.00 PM dengan nilai irradian 1436,9 W/m² tercatat pada tanggal 3 Februari pada jam 11.00 PM dengan Irradiance 1284,9W/m² dengan hasil tegangan 20,4V dan arus 0.5A dengan nilai ini irradian terendah terjadi pada jam 08.00 PM dengan nilai 331 W/m² dan pukul 16.00 PM nilai irradian 109 W/m². Adapun nilai irradian paling rendah pada saat hujan, seterusnya irradian tidak dapat diukur.

Kata Kunci: Solar Panel, pipa kapiler, Relay, Sensor Temperatur

1. PENDAHULUAN

Energi panas matahari sangat melimpah di daerah yang memiliki iklim tropis seperti di Indonesia yang selalu disinari matahari sepanjang tahun. Hal itu menjadi sumber energi yang sangat berpotensi untuk dikembangkan. Salah satu contohnya pemanfaatan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik yang sering disebut yaitu solar cell [1]. Penerapan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk memanfaatkan potensi energi surya yang tersedia merupakan solusi yang tepat. PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya (*sel Photovoltaic*) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan dan di berbagai tempat seperti perkantoran, pabrik, perumahan, dan lainnya [2]. Untuk itu peluang untuk penerapan instalasi PLTS oleh masyarakat luas dan industri sangatlah terbuka. Melihat peluang tersebut, sebagai salah satu isu strategis dalam bidang keilmuan teknik adalah: “Teknologi berkelanjutan dengan energi baru dan terbarukan” dalam hal ini mengoptimalkan energi panas matahari yang ada di Indonesia. Panel surya rata-rata mempunyai efektifitas kerja yang baik pada temperatur 25°C (sumber spesifikasi panel) sedangkan temperatur rata-rata di Indonesia berkisar antara 30-35°C. Mengingat hal tersebut perlu adanya pendinginan untuk menjaga efektifitas kerja panel surya. Dari penelitian terdapat beberapa variabel yang dapat direncanakan untuk menstabilkan temperatur pada panel penggunaan panel surya seperti pengaruh pendinginan panel surya dengan pendingin air, analisis panas air pendingin serta pemanfaatan panas air pendinginan pada panel surya serta kemungkinan - kemungkinan lain

mengingat temperatur yang terlalu panas pada permukaan panel surya justru akan mengurangi kinerja dari panel surya atau yang sering disebut efek termal [3]. Panel sel surya akan mengalami penurunan kemampuan dalam menghasilkan listrik karena temperatur pada panel tidak stabil.

Cara kerja pembangkit listrik tenaga surya ini sangat sederhana, komponen utama dari pembangkit listrik ini adalah sinar matahari dan *photovoltaik cell (PV cell)* atau *solarcell*. Kumpulan dari beberapa sel ini disebut PV panel atau panel surya. Solar sel atau PV sel ini berfungsi menangkap sinar matahari dan panas matahari yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik. Dalam pelaksanaannya salah faktor yang mempengaruhi efisiensi suatu sel surya adalah peningkatan temperatur atau panas yang berlebih pada permukaan sel surya. Temperatur pada permukaan PV panel yang terlalu panas karena radiasi matahari yang berlebihan dan temperatur lingkungan yang tinggi. Panas yang tinggi ini atau disebut *overheating* dapat mengurangi efisiensi konversi energi listrik PV panel secara signifikan. Kinerja PV panel sangat bergantung pada operasinya. Sebagian besar energi yang diserap oleh PV panel dirubah menjadi panas. Secara umum PV panel hanya merubah 4-17% dari radiasi matahari menjadi energi listrik. Lebih dari 50% dari energi matahari diubah menjadi panas dan dengan demikian temperatur panel surya akan meningkat. Peningkatan temperatur pada panel surya akhirnya akan mengurangi energi listrik yang dihasilkan dan mengurangi efisiensi panel surya, selain itu juga kemungkinan akan terjadi kerusakan struktural permanen dari panel surya karena stres termal yang berkepanjangan yang diterima panel tersebut[4]. Ada beberapa hal yang mempengaruhi temperatur panel surya adalah (1) temperatur lingkungan (*ambient temperature*), (2) koefisien temperatur (*Temperature Coefficient*), kecepatan angin (*wind velocity*) dan (4) tipe instalasi panel surya [5]. Selain itu parameter spesifikasi koefisien temperatur menjadi faktor pertimbangan yang penting dalam merancang instalasi PLTS karena temperatur panel yang tinggi justru akan menurunkan performansi panel itu sendiri. Penelitian yang dilakukan oleh [6], investigasi suhu efek pada kinerja output panel fotovoltaik. Bahkan jika arus meningkat sedikit, penurunan tegangan lebih signifikan dan daya berkurang sesuai.

Karakteristik dari PV Panel pada solar *irradiance* 1000 Wm²[7]. Menunjukkan daya keluaran PV panel pada temperatur yang berbeda-beda dengan penyinaran matahari konstan. Data tersebut juga memperlihatkan karakteristik kurva arus-tegangan (I-V) dan tegangan-daya (P-V) berdasarkan berbagai suhu panel PV. Melalui angka-angka diatas dapat disimpulkan bahwa jika suhu panel PV meningkat, akan menyebabkan tegangan output menurun secara bertahap. Namun, hanya sedikit perubahan arus keluaran panel PV dengan meningkatnya suhu. Penurunan suhu 10°C akan mengakibatkan berkurangnya daya keluaran sekitar 5 W atau 5%. Dari Grafik juga diperoleh, daya output minimum panel PV adalah 79,5 W dengan suhu panel PV 65°C. Sedangkan maksimumnya adalah 100 W ketika suhu panel PV diturunkan menjadi 25°C.

Analisis efisiensi pengurangan daya maksimum sistem fotovoltaik[8], efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh sel surya mendekati 85% pada 2.480K. Namun nilai ini sulit dicapai kecuali modul perpindahan panas yang sangat efisien digunakan untuk mendinginkan suhu sel. Dalam kondisi normal, efisiensi yang dapat dicapai dari sebuah sel surya adalah antara 15%-30% [9]. Dan berdasarkan penelitian [10], bahwa suhu panel surya sangat tergantung pada Suhu lingkungan karena permukaan PV panel memiliki rasio absorptivitas yang sangat tinggi seperti ditunjukkan [11]. Datas dapat dilihat bahwa pada saat suhu sekitar 24°C suhu sel sudah diatas 43°C. Dari angka-angka tersebut diperoleh perbedaan suhu 19°C hal ini berpotensi untuk memanfaatkan limbah panas tersebut menjadi energi. Dengan menunjukkan kurva kinerja IV dan PV dari panel surya terukur 200W dengan 72 sel, koefisien suhu tegangan dan arus masing-masing adalah 0,33%K dan 0,03%K, TNOCT pada 25°C, Isc adalah 5.93A dan Voc adalah 45.2V. Perubahan nilai VOC penting dilakukan untuk melihat pengaruh suhu terhadap sel surya menunjukkan tegangan daya maksimum dan daya puncak maksimum menurun dengan meningkatnya suhu sel hingga 140°C dan efisiensi modul turun menjadi 1,8% ketika suhu modul PV mencapai 140°C, bahwa terlihat Voc dan P menurun sedangkan Isc meningkat dengan meningkatnya suhu panel dari 20°C menjadi 140°C [12].

Pada saat ini penelitian berfokus bagaimana mengendalikan suhu operasional dan

optimalisasi kinerja PV Panel. Berdasarkan data-data PV Panel mulai bekerjasecara maksimal pada suhu 20°C sampai dengan 25°C dan mulai terus mengalami penurunan sampai dengan suhu 140°C . Lokasi PV Panel yang berlimpah dengan penyinaran matahari memiliki potensi yang tinggi dalam mengembangkan sistem PV dengan output yang di hasilkan maksimal. Energi matahari yang menyinari PV Panel di perkirakan 80-85% adalah energi panas yang harus dihilangkan. Oleh karena itu energi panas tersebut diupayakan dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi PV panel secara pesat. Dapat dilihat berbagai teknologi dirancang agar mengurangi kerugian dari sistem PV Panel yang berdiri sendiri (output listrik rendah, tidak ada output dari energi panas, suhu operasional tinggi, dan stabilitas sistem yang rendah), meskipun kompleksitas manufaktur dan biaya lebih tinggi. Salah satu metode dan teknologi PV Panel yang terus mengalami perkembangan beberapa tahun terakhir adalah penelitian PV Panel digabung dengan termoelektrik. Hal ini dikarenakan bahan dan teknologi yang digunakan untuk pembuatan termoelektik lebih murah dan dengan sifat yang lebih baik. Termoelektrik mampu mengubah energi dari limbah panas bersuhu rendah di panel PV sehingga menghasilkan listrik ekstra dengan biaya sistem minimum dan mengendalikan suhu sistem

Namun hal yang menjadi kelemahan dari termoelektrik cooler maupun generator yang dipakai saat ini adalah berbentuk persegi yang permanen dan perbedaan suhu yang tinggi untuk menghasilkan tegangan, arus dan daya yang tinggi. Seperti pada penelitian yang dilakukan [13], dimana untuk menghasilkan tegangan sebesar 4 V dibutuhkan perbedaan suhu 32°C dengan kondisi perbeban. Dimana pada penelitian yang dilakukan pada Jurnal PelitaTeknologi [14]. Dari hasil pengujian panel surya 100Wp dan pengisian baterai, di dapat beberapa kesimpulan yaitu intensitas cahaya matahari yang diukur menggunakan solar power meter berpengaruh besar terhadap arus dan daya yang dihasilkan panel surya, dimana bila intensitas cahaya tinggi arus dan daya yang dihasilkan juga tinggi, bila intensitas cahaya rendah arus dan daya yang dihasilkan juga rendah, dan keuntungan menggunakan *solar power controller* adalah daya tahan baterai bisa menjadi lebih lama karena *solar power controller* dapat menyeimbangkan listrik yang masuk ke baterai menjadi stabil.

Titik pengukuran yang dilakukan oleh termolektrik adalah bagian belakang dari PV Panel sedangkan permukaan PV panel tidak bisa dimanfaatkan karena akan menutupi permukaan panel surya tersebut. Secara umum tidak terdapat perbedaan antara suhu permukaan panel dengan bagian belakang panel, namun permukaan yang memperoleh sinar matahari langsung umumnya lebih tinggi suhunya dibandingkan bagian yang tidak terkena secara langsung. Untuk dalam pendinginan panel fotovoltaiik dengan aplikasi aliran air pada belakang panel surya dengan menggunakan selang dengan arah seperti mengalir dari atas kebawah dengan atau seperti huruf s, perpindahan panas dari permukaan panel ke air akan terjadi. Air akan menyerap panas dari panel fotovoltaiik dengan konduksi panas, menyebabkan peningkatan level daya dan tegangan, dan meningkatkan efisiensi panel [15]. Dengan memperbaiki suhu air menggunakan menara pendingin dengan melepaskan suhu panas merupakan cara paling cara terbaik.

Adapun sistem kerja pendingin tersebut,yaitu aliran air mengalir melalui pipa kapiler, dimana air itu bekerja dengan bantuan pompa dc sebagai sumber mengalirkan air, pompa dc sendiri menggunakan panel surya sebagai sumber untuk membangkitkan atau menghidupan pompa, dimana pendingin itu sendiri dipasang menempel pada belakang panel surya, tanpa merusak atau mengganggu cahaya yang akan di serap oleh panel surya. Adapun alat bantu lain yang digunakan untuk membantu mengalir air itu bekerja maksimal yaitu kita gunakan sensor temperaturatau *Negative Temperature Coefficient* (NTC). Dimana sensor itu kita senting pada saat temperature pada panel surya mulai turun. Adapun temperatur pada panel surya mengalami penurunan pada tengah hari sekitar pukul 11.00 -13.00, maka dari itu penulis meneliti pada saat temperature itu turun maka kita buat pendingin pada panel surya, bagai mana bisa mengetahui panel surya itu mengali penurunan yaitu memasang sensor temperatur pada panel sehingga pada saat temperatur tidak stabil bisa di ketahuibarulah pendingin bisa bekerja. Melalui penelitian ini dengan tujuan untuk memaksimalkan efisiensi panel solar cell dalam menghasilkan listrik dan menurunkan temperatur pada panel agar stabil. Data yang dianalisis

yaitu panel sel surya. 100 wp dan dapat mengatur kecepatan aliran air untuk pendinginan pada panel sehingga dapat dikatakan bahwa sistem pendingin untuk panel surya berkerja dengan maksimal, karena jika temperatur itu bisa stabil kerugian tegangan yang terjadi bisa dikurangi. Mengingat hal tersebut perlu adanya pendinginan untuk menjaga efektifitas kerja panel surya. Dari penelitian terdapat beberapa variabel yang dapat direncanakan untuk mengoptimalkan penggunaan panel surya seperti pengaruh pendinginan panel surya pada dengan airan air, analisis aliran air serta pemanfaatan panas pada panel surya serta kemungkinan - kemungkinan lain mengingat suhu yang terlalu panas pada permukaan panel surya justru akan mengurangi kinerja dari panel surya. Pengaruh naungan parsial pada efisiensi energi dan eksergi untuk panel *fotovoltaik*. [15].

Adapun tujuan dari “Sirkulasi Penurunan Temperatur Terhadap Panel Surya dengan Menggunakan Aliran Air” adalah. Cara menstabilkan temperatur pada panel surya agar tidak terjadi rugi tegangan pada panel. Menentukan besaran daya dan efisiensi optimal yang akan dihasilkan oleh PV panel dengan menggunakan aliran air supaya tidak terjadi kerugian tegangan. Menentukan waktu pendingin yang tepat agar PV panel tetap stabil dan tidak terlalu panas. Manfaat dari artikel “Sirkulasi Penurunan Temperatur Terhadap Panel Surya dengan Menggunakan Aliran Air” yaitu:

1. Bagi masyarakat yang merasa pembayaran listrik mahal karena pemakaian terlalu banyak dapat menggunakan panel surya sebagai referensi supaya biasa menggunakan listrik tanpa harus mahal membayarnya. Bagi penulis membuat metode ini ada beberapa factor yaitu rama lingkungan selain itu memberi solusi menurunkan panas permukaan panel, serta mengatasi rugi tegangan yang terjadi akibat panas lebih pada panel. Dengan metode yang muda dan mudah diaplikasikan sehingga bisa memberikan bukti kebenaran tentang pendapat atau informasi semakin panas permukaan panel akan menghasilkan energi listrik yang lebih besar.
2. Bagi institusi, dapat dijadikan sebagai alat bantu ajar salah satu mata pelajaran dan praktikum pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Palembang
3. Bagi perkembangan IPTEK, dapat dijadikan sebagai langkah awal dibuatnya suatu pembangkit listrik tenaga surya yang efisien dapat dijadikan alternatif energi baru dan terbarukan guna mencukupi kebutuhan listrik di Indonesia. Serta dapat mengurai kerugian tegangan atau menstabilkan temperatur pada panel surya

Di rumah sendiri, yaitu jln. Tanjung bubuk perumahan leegran. Dalam menjaga temperatur panel surya agar tetap stabil dan menghasilkan listrik yang baik tidak terjadi rugi tegangan, maka untuk menstabilkan temperatur pada panel surya dengan menggunakan air sebagai pendingin, memerlukan sebuah pengatur untuk jalannya pendingin agar dapat bekerja dengan baik. Adapun hasil percobaan dapat digunakan sebagai pembandingan dengan semua data yang diambil selama 15 (hari) hari berturut-turut. Pembahasan dimulai dari percobaan panel surya dengan tidak menggunakan pendingin ataupun penurunan temperatur panel surya menggunakan pendingin yang berupa aliran air melalui pipa kapiler. Di bawah ini ada 4 buah tabel perbandingan dimana menggunakan pendingin panel dan tidak menggunakan pendingin pada panel surya. Pada tabel satu yaitu pada hari pertama dari pukul 09.30 dimana kondisi sinar matahari agak mendung serta ada tabel yang menggunakan beban dan tidak berbeban Pada pengukuran irradian pada Tabel 2. data di Irradian terendah pada pada bulan Januari dan Februari dimana diperoleh rata rata 262, 4 W/m² dan 502, 4. Penyebab dari irradian lebih kecil adalah cuaca.

II. METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam 4 tahapan yaitu, tahap observasi dan penelitian, tahap perencanaan, tahapan pembuatan kontruksi dan uji coba dengan estimasi 9 bulan terhitung dari bulan Juli 2021 sampai dengan April 2022. Adapun uraian pelaksanaan penelitian dibagi kebeberapa tahapan, yaitu :

1. Observasi dan Penelitian
 Waku : Juli 2021 – Oktober 2021
 Tempat : Rumah sendiri
2. Perencanaan
 Waktu : Agustus 2021 – Januari 2022
 Tempat : Rumah sendiri
3. Pembuatan Kontruksi
 Waktu : Oktober 2021 – Februari 2022
 Tempat : Rumah sendiri
4. Uji coba
 Waktu : Maret – April 2022

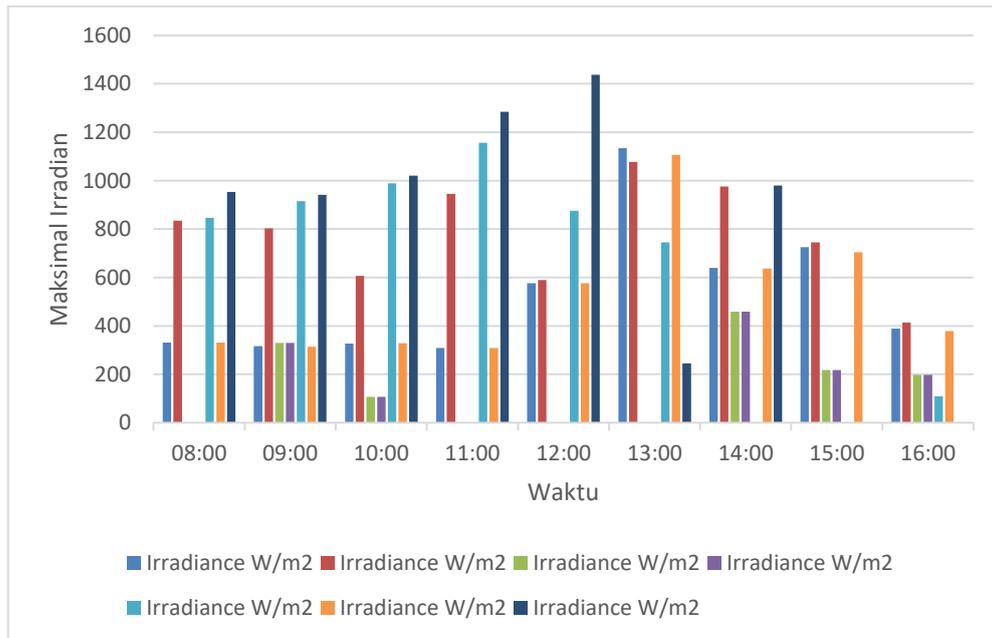
III. PEMBAHASAN

Dalam menjaga temperatur panel surya agar tetap stabil dan menghasilkan listrik yang baik tidak terjadi rugi tegangan maka penulis membuat penelitian yaitu menstabilkan temperatur pada panel surya dengan menggunakan air sebagai pendingin, memerlukan sebuah pengatur untuk jalannya pendingin agar dapat bekerja dengan baik. Adapun hasil percobaan dapat digunakan sebagai pembanding dengan semua data yang diambil selama 15 (hari) berturut-turut. Pembahasan dimulai dari percobaan panel surya dengan tidak menggunakan pendingin ataupun penurunan temperatur panel surya menggunakan pendingin yang berupa aliran air melalu pipa kapiler. Di bawah ini ada 4 buah tabel perbandingan dimana menggunakan pendingin panel dan tidak menggunakan pendingin pada panel surya. Pada tabel satu yaitu pada hari pertama dari pukul 09.30 dimana kondisi sinar matahari agak mendung serta ada tabel yang menggunakan beban dan tidak berbeban

Pada pengukuran irradian pada Tabel .data diIrradian terendah pada pada bulan Januari dan Februari dimana diperoleh rada rata 262, 4 W/m² dan 502, 4. Penyebab dari irradian lebih kecil adalah cuaca.

Tabel 1. Pengukuran *Irradiance*
Irradiance W/m²

<i>Time</i>	<i>28-01-2022</i>	<i>29-01-2022</i>	<i>30-01-2022</i>	<i>31-01-2022</i>	<i>1/2/2022</i>	<i>2/2/2022</i>	<i>3/2/2022</i>
8:00	331	835	0	0	846	331	954
9:00	316	803	329	329	915	314	942
10:00	327	607	107	107	989	328	1021
11:00	309	945	0	0	1156	309	1284.9
12:00	576	589	0	0	876	576	1436.9
13:00	1134	1078	0	0	745	1106	245
14:00	639	976	459	459	0	637	980
15:00	725	745	217	217	0	704	0
16:00	389	414	198	198	109	379	0



Gambar 1 Grafik Irradian

Dari Tabel 2. didapatkan data penyinaran dari pengambilan sampel selama satu minggu di rumah sendiri, dan pada kondisi hari yang kurang baik atau kondisi luar mendung terjadi pada Januari dan Februari penyinaran yang diperoleh kurang maksimal, dan pada bagian atas menunjukkan grafik penyinaran dari Tabel 2. terlihat bahwa grafik pada tanggal bulan itu menunjukkan grafik yang baik. nilai dalam proses pemanfaatan panel surya dalam ekstraksi energi.

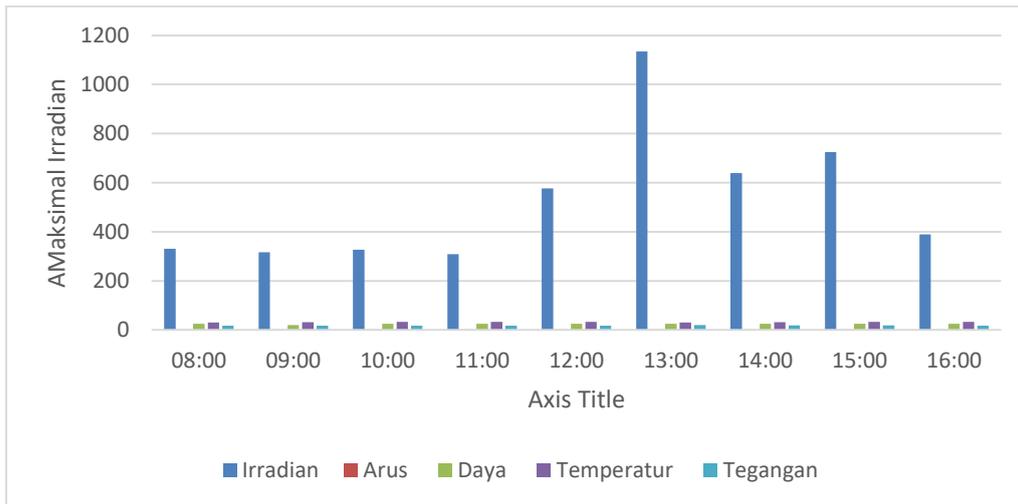
Pengukuran Kinerja Solar Panel Tanpa Pendingin

Seperti terlihat pada Tabel. 2 hasil pengukuran pada solar panel tanpa pendingin yang akan dilakukan persatu jam perhari dari jam 08.00 sampai jam 16.00 selama 7 hari dari tanggal; 31 Januari sampai 2 Februari 2022.

Tabel 2. Pengukuran irradian tanggal 28 Januari 2022 tanpa pendingin

Waktu	Irradian	Arus	Daya	Temperatur	Tegangan
	W/m ³	(A)	(W)	⁰ C	(V)
8:00	331	0.5	25	31	18
9:00	316	0.5	20.4	32	18
10:00	327	0.3	25	33	18
11:00	309	0.5	25	33	18
12:00	576	0.2	25	33	18
13:00	1134	0.2	25	31	20.4
14:00	639	0.2	25	32	19
15:00	725	0.2	25	33	19
16:00	389	0.2	25	33	18

Dari hasil pengukuran irradian dalam Tabel 2. didapat lah nilai yang terlampir maka kita aplikasikan ke grafik seperti Gambar 2 .



Gambar 2 . Grafik tanggal 28 Januari 2022 tanpa pendingin

Dari data dan grafik yang telah dilakukan pengambilan data dalam kondisi cuaca yang baik diperoleh pada jam 15.00 dengan Irradiance 725W/m² dengan tegangan 19 V dan arus 0,2 A nilai ini yang terendah pada saat melakukan pengujian dan akan terus naik sampai pada puncaknya terjadi pada jam 13.00 dengan Irradiance 1134 W/m² dengan hasil tegangan 20,4V dan 0,2 A nilai ini dimana tertinggi.

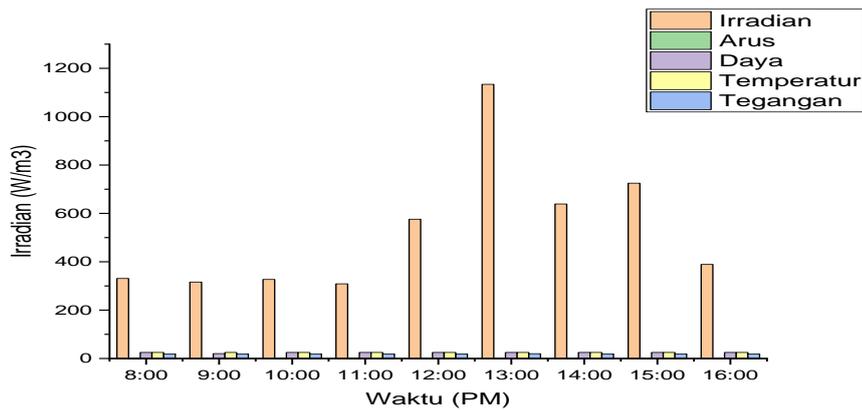
Pengukuran Kinerja Solar Panel Menggunakan Pendingin

Data pengamatan irradian, arus, tegangan, temperatur dan daya tersebut dari sebelum pengamatan selama 3 hari dari tanggal 28, 29, 30 Januari 2022. Seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3 Pengukuran irradian tanggal 28 Januari 2022 menggunakan pendingin

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Temperatur (°C)	Irradian (W/m ³)	NTC 30 ⁰
8:00	19	0.5	25	25	331	Off
9:00	19	0.5	20.4	25	316	Off
10:00	19	0.3	25	25	327	Off
11:00	19	0.5	25	25	309	Off
12:00	19	0.2	25	25	576	On
13:00	20	0.2	25	25	1134	On
14:00	19	0.2	25	25	639	Off
15:00	19	0.2	25	25	725	Off
16:00	19	0.2	25	25	389	Off

Dari hasil pengukuran irradian dalam Tabel 3. Didapat lah nilai yang terlampir di Tabel 3. Maka jika kita aplikasikan ke grafik seperti Gambar 26.



Gambar 3. Grafik tanggal 28 Januari 2022 menggunakan pendingin

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap rancangan alat yang telah dibuat, maka di peroleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur dapat diturunkan pada panel surya agar tidak terjadi rugi tegangan pada panel yaitu dengan menggunakan sirkulasi aliran air adalah media pendingin panel supaya temperatur tetap stabil.
2. Daya dan efisiensi optimal yang akan dihasilkan oleh PV panel dengan menggunakan aliran air supaya tidak terjadi kerugian tegangan adapun tegangan sebesar 20,4 dengan arus sebesar 0,5 dan temperatur 25°C.
3. Pendingin digunakan agar pv panel tetap stabil dan tidak terlalu panas pada waktu tengah hari yaitu sekitar pukul 11.30 wib s/d 12.30 wib.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Haryanto, Teten. "Perancangan Energi Terbarukan Solar Panel Untuk Essential Load Dengan Sistem Switch." *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana* 10.1 (2021): 41-50.
- [2] Samsurizal, Samsurizal, Andi Makkulau, and Christiono Christiono. "Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method." *Energi & Kelistrikan* 10.2 (2018): 137-144.
- [3] Berwal, Anil K., dkk. "Desain dan analisis jaringan atap mengikat pembangkit listrik Solar Photovoltaic (SPV) berkapasitas 50 kW." *Ulasan Energi Terbarukan dan Berkelanjutan* 77 (2017): 1288-1299
- [4] Zainal, Nurul Afiqah, Ahmad Razlan Yusoff, dan Ajisman Apen. "Sistem pendingin terintegrasi dan pelacakan titik daya maksimum dari pengontrol logika fuzzy untuk meningkatkan kinerja fotovoltaik." *Pengukuran* 131 (2019): 100108.
- [5] Amelia, A.R., dkk. "Investigasi suhu efek pada kinerja output panel fotovoltaik (PV)." *Int. J. Adv. Sci. Ind. Inf. Teknologi* 6.5 (2016): 682-688.
- [6] Apribowo, C.H.B., dkk. "Desain dan Analisis Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 kW Dengan Memaksimalkan Hasil Akhir dan Rasio Kinerja Di Kantor Kecil-Menengah." *Seri Konferensi IOP: Ilmu dan Teknik Material*. Jil. 1096. No. 1. Penerbitan IOP, 2021.
- [7] Zhafarina, Imas Ning, Tresna Dewi, dan R. Rusdianasari. "Analisis Efisiensi Pengurangan Daya Maksimum Sistem Fotovoltaik Pada PT. Pertamina (Persero) RU III Plaju." *VOLT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro* 3.1 (2018): 19-25.

- [8] Bayrak, Fatih, Hakan F. Oztop, dan Fatih Selimefendigil. "Studi eksperimental untuk penerapan teknik pendinginan yang berbeda di panel fotovoltaik (PV)." *Konversi dan Manajemen Energi* 212 (2020): 112789.
- [9] Suryana, Deny. "Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin (studi kasus: Baristand Industri Surabaya)." *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri* 1.2 (2016).
- [10] Satria, Habib, dan Syafii Syafii. "Sistem Monitoring Online dan Analisa Performansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN." *Jurnal Rekayasa Elektrika* 14.2 (2018): 267513.
- [11] Duffie, John A., William A. Beckman, dan Nathan Blair. *Rekayasa surya proses termal, fotovoltaik dan angin*. John Wiley & Sons, 2020.
- [12] Honsberg, Christiana, dan Stuart Bowden. "Pendidikan PV. org." Diakses pada 10 Oktober (2010): 2012.
- [13] Irwan, Y.M., dkk. "Perbandingan sistem pendingin panel surya dengan menggunakan dc brushless fan dan dc air." *Jurnal Fisika: Seri Konferensi*. Jil. 622. No. 1. Penerbitan TIO, 2015.
- [14] Bayrak, Fatih, Gamze Ertürk, dan Hakan F. Oztop. "Pengaruh naungan parsial pada efisiensi energi dan eksergi untuk panel fotovoltaik." *Jurnal produksi bersih* 164 (2017): 58-69
- [15] Nasution, Elvy Sahnur, dkk. "Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya: Studi Kasus Gedung Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara." *Konferensi Internasional ke-4 tahun 2020 tentang Teknik Listrik, Telekomunikasi dan Komputer (ELTICOM)*. IEEE, 2020.
- [16] Bostan, Carmen-Gabriela, dkk. "Mengajar / belajar efek fotovoltaik di sekolah menengah." *Laporan Rumania dalam Fisika* 63.2 (2011): 543-556.
- [17] Asmi, Jhefri, dan Oriza Candra. "Prototipe Pelacak Surya Dua Sumbu Berbasis Mikrokontroler Arduino Nano dengan Sensor LDR." *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Kejuruan)* 6.2 (2020): 54-63.
- [18] Elnozahy, Ahmed, dkk. "Kinerja modul PV yang terintegrasi dengan bangunan mandiri di area gersang yang panas yang ditingkatkan dengan pendinginan dan pembersihan permukaan." *Energi dan Bangunan* 88 (2015): 100-109.
- [19] Tiwari, Shashank, dan Mahendra Agrawal. "Analisis Counter Flow Induced Draft Cooling Tower Menggunakan Metode Taguchi." *Jurnal Internasional Riset & Teknologi Teknik (IJERT)* 4.06 (2015): 292-298.
- [20] Lo, Chin Kim, Yun Seng Lim, dan Faidz Abd Rahman. "Alat simulasi terintegrasi baru untuk desain optimal panel surya bifacial dengan reflektor di lokasi tertentu." *Energi Terbarukan* 81 (2015): 293-307.
- [21] H. Yudha, T. Dewi, P. Risma, dan Y. Oktarina, "Analisis Siklus Hidup untuk Kelayakan Penerapan Sistem Fotovoltaik di Indonesia", dipresentasikan pada IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018, Vol . 124, hal. 012005
- [22] Al Faruqi, Fiqri, R.D. Kusumanto, dan Abu Hasan. "Optimasi Panel Surya Monokristalin Menggunakan Teknologi Pemindaian Reflektor." *Jurnal Fisika: Seri Konferensi*. Jil. 1167. No. 1. Penerbitan TIO, 2019.
- [23] Rahmad, Fadilah, and Chalilullah Rangkuti. "Pengujian Sistem Sirkulasi Air untuk Tanaman Hidroponik Menggunakan Listrik dari Panel Surya." *Prosiding Seminar Nasional Pakar*. 2018.
- [24] Nogueira, Carlos Eduardo Camargo, et al. "Performance of monocrystalline and polycrystalline solar panels in a water pumping system in Brazil." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51 (2015): 1610-1616.