

PENGGUNAAN SISTEM PENDINGIN TEMPERATUR SEBAGAI PENINGKATAN KINERJA PANEL SURYA

Amani Darma Tarigan, Hamdani

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

amanidarmatarigan@gmail.com

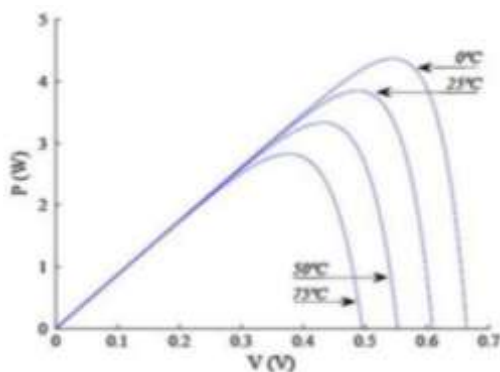
Abstrak

Panel surya atau solar cell adalah salah satu sumber energi terbarukan. Solar cell dapat merubah sinar matahari menjadi energi listrik dc. Namun kendala utama dari solar cell ialah energy yang dihasilkan tidak stabil. Permukaan papan Solar cell memiliki suhu maksimum dimana berpengaruh pada keluaran (Output) solar cell. Dari penelitian ini penulis akan membuat pendingin permukaan papan solar cell dengan menggunakan heatsink fan. Suhu maksimum permukaan papan solar cell rata-rata mencapai 45°C . Jika suhu melebihi dari 45°C maka akan menurunkan keluaran (Output) dari solar cell. Pada penelitian ini didapatkan suhu rata-rata pada papan permukaan solar cell, pada jam 9 pagi hingga jam 3 sore sekitar 50.14°C dan keluaran rata-rata dari solar cell mencapai 18.80 Volt. Sedangkan pada suhu rata-rata solar cell dengan penggunaan pendinginan heatsink adalah 36°C . Keluaran rata-rata panel tersebut adalah 19.11 volt. Dengan demikian maka dengan menggunakan sistem pendingin papan permukaan solar cell menggunakan heatsink memiliki penurunan rata-rata suhu sebesar 28.20 % dan kenaikan keluaran (Output) dapat ditingkatkan sebesar 1.64 % dari efisiensi Solar cell yang hanya 12,1%.

Kata-Kata Kunci: Sumber Energi, Sistem Pendingin, Suhu, Solar Cell

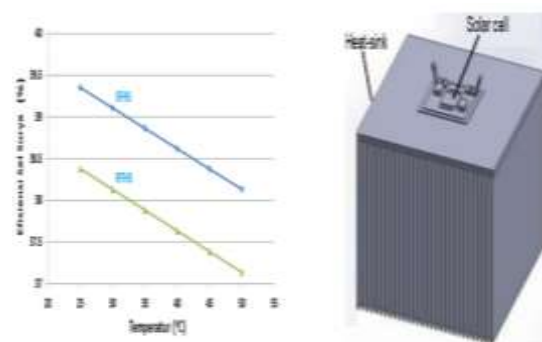
I. PENDAHULUAN

Sumber energi alternatif merupakan isu global untuk mengantisipasi terbatasnya sumber energi fosil konvensional. Sel surya merupakan sumber energi termudah untuk diperoleh karena matahari bersinar sepanjang tahun. Energi foton yang datang dari matahari memiliki dua bentuk energi panas dan cahaya. Kedua bentuk energi ini dapat diubah menjadi energi listrik, namun yang terakhir merupakan fokus sumber energi yang dikonversi oleh solar sel. Ketika energi ini dikonversikan, kinerja sel surya turun karena kehadiran energi panas yang menaikkan temperatur permukaan sel surya. Efisiensi sel surya akan turun sekitar 0,5 % untuk setiap kenaikan temperatur permukaan sebesar 1°C sebagai hasil kehadiran energi panas Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Degradasi daya dan tegangan akibat kenaikan temperatur permukaan
Sumber: Subandi dan Slamet Hani, 2014

Untuk mengkompensasi penurunan efisiensi yang diakibatkan kenaikan temperatur permukaan, sistem pendingin sel surya diterapkan. Sistem pendingin dapat diterapkan pada body sel surya. Sistem pendingin ini dapat dicapai dengan memanfaatkan daya keluaran pada sel surya. Sistem pendingin efektif dengan menggunakan dua heat-sink berbeda bentuk Aluminium Round Pins Heat Sink (RPHS) dan Aluminium Straight Fins Heat Sink (SFHS) yang direkatkan pada panel untuk menurunkan temperatur permukaan dan menaikkan efisiensi. Dari eksperimen yang dilakukan, pendingin SFHS memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan pelepas panas RPHS.



Gambar 2. Kinerja sistem pendingin dengan heat-sink RPHS dan SFHS

Sumber: Subandi dan Slamet Hani, 2014

Solar cell dapat merubah sinar matahari menjadi energi listrik. Panel sel surya sendiri menghasilkan arus DC yang berasal dari bahan semikonduktor tipe p dan tipe n. Solar cell bisa ditingkatkan efisiensinya dengan cara

menambahkan *reflektor* atau *konsentrator*. *Reflektor* atau *konsentrator* pada panel sel surya berbentuk seperti cermin yang berfungsi sebagai pemantul dan pemfokus cahaya matahari ke solar cell. Pemantulan cahaya matahari ini akan membuat intensitas cahaya matahari lebih terkonsentrasi pada papan permukaan solar cell sehingga energi listrik yang di keluarkan oleh solar cell menjadi semakin besar. Peningkatan daya keluaran pada solar cell akan meningkat menjadi sekitar 46%. (ing. Bagus Ramadhani, M.Sc, 2018).

Meskipun dilakukan penambahan *reflektor* atau *konsentrator* pada solar cell dapat menambah *performa* solar cell, namun teknik ini juga masih memiliki kelemahan. Akibat dari pengonsentrasian intensitas cahaya ini adalah berimbas pada temperatur solar cell yang akan meningkat cepat. Peningkatan temperatur solar cell dapat berpengaruh pada daya keluaran (*output*) yang dihasilkan oleh solar cell. Setiap kenaikan temperatur pada solar cell 1°C (dari 25°C). Akan mengakibatkan berkurangnya sekitar 0,5% pada total tenaga yang dihasilkan oleh solar cell. (Muchammad,dkk 2010).

Dengan melakukan penelitian ini penulis berharap dapat mengetahui rata-rata kenaikan tegangan pada panel surya. sehingga dari tegangan tersebut akan diperoleh kenaikan efisiensi.

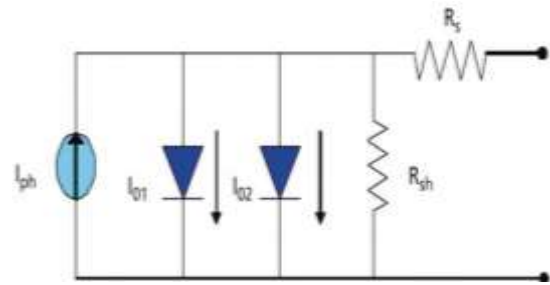
1.1 Energi dan Radiasi Matahari

Matahari mengirimkan energi dalam bentuk panas (*heat*) dan cahaya (*light*). Pemanfaatannya berupa pemanfaatan panas seperti memanaskan air dan memanfaatkan radiasi fotonya seperti untuk membangkitkan listrik . Dapat dipastikan adanya cahaya bersamaan dengan adanya panas. Panas tersebut dapat menyebabkan kenaikan temperatur dari sel, selain itu kondisi lingkungan yang panas juga dapat menaikkan temperatur dari sel surya. Produksi dan penggunaan energi matahari menjadi pilihan banyak pihak karena ekonomis, efisiensi sel surya yang meningkat, terbarukan, ramah lingkungan dan kemudahan perawatan. Sel surya sangat mudah digunakan, karena radiasi matahari yang diserap langsung dikonversi menjadi listrik dan teknologinya bersih dan lembut.

Sel surya terbuat dari bahan semikonduktor yaitu silikon atau germanium (p-n junction). Sel ini membutuhkan cahaya yang berasal dari irradiasi matahari yang membawa energi foton untuk merubah energi cahaya menjadi energi listrik. Di Indonesia, energi matahari dapat bersinar sepanjang tahun sehingga didapatkan energi yang lebih besar, tetapi nilai temperatur lingkungan rata-rata akan lebih tinggi dibandingkan dengan negara 4 musim sehingga dapat menaikkan temperatur sel pada panel sel surya. (Subandi dan Slamet Hani,2014)

1.2 Tahanan pada Panel Sel Surya

Rangkaian listrik ekivalen dari sebuah panel sel surya ditunjukkan pada Gambar 3.

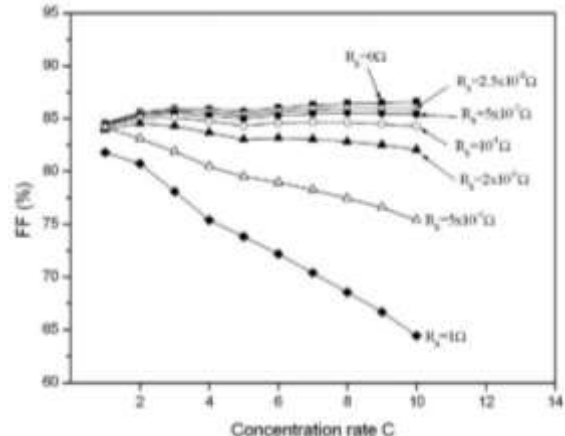


Gambar 3. Skematik diagram dengan model 2 buah diode

Sumber:Haris Isyanto dan Prian Gagani 2017

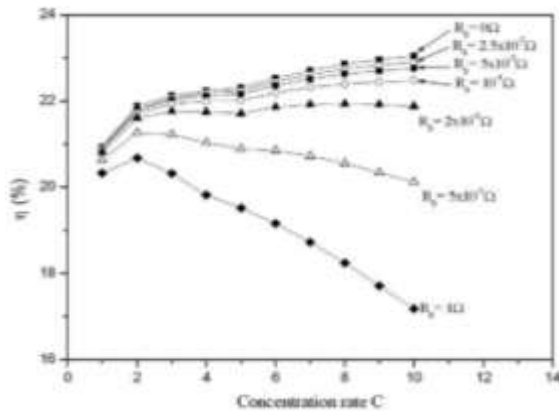
Tahanan shunt (R_{sh}) muncul dari ketidaksempurnaan pada permukaan perangkat dan dalam jumlah besar serta dari arus bocor di tepi sel. Ini merupakan jalur paralel konduktivitas di persimpangan p-n dan mengurangi efisiensi sel dengan meningkatkan arus bocor yang menurunkan daya keluaran maksimum (P_m), tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}), dan faktor kurva (CF). Ada beberapa mekanisme fisik yang bertanggung jawab atas tahanan seri, dimana kontributor utama adalah tahanan bulk pada semikonduktor, tahanan lembar kontak logam dan interkoneksi, dan tahanan kontak antara kontak logam dan semikonduktor. Dalam sel surya konsentrator penting untuk meminimalkan tahanan seri.

Tahanan seri dan shunt dalam sel surya adalah parameter parasit, yang mempengaruhi karakteristik arus-tegangan ($I-V$) dan efisiensi sel. Nilai tahanan seri (R_s) yang sangat tinggi dan nilai tahanan shunt (R_{sh}) yang sangat rendah masing-masing mengurangi kepadatan arus hubung singkat (I_{sc}) dan voltase sirkuit terbuka (V_{oc}). Pengaruh tahanan seri dan shunt pada Fill Factor dan efisiensi panel sel surya adalah dapat menurunkan Fill Factor (FF) dan menurunkan Efisiensi seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Efek tahanan seri terhadap FF pada temperatur 300K

Sumber:Haris Isyanto dan Prian Gagani 2017



Gambar 5. Efek tahanan seri terhadap efisiensi sel pada temperatur 300K

Sumber: Haris Isyanto dan Prian Gagani 2017

Dari Gambar kedua diatas kita dapat dengan mudah menyatakan bahwa Tahanan seri (Rs) memiliki efek signifikan pada fill factor (FF) dan efisiensi (η). Rs sebesar 1 Ω dapat menyebabkan degradasi penting dalam FF dan efisiensi terutama untuk nilai C tinggi. Ketika FF menurun pada sekitar 0,5 % per dekade, sementara (η) menurun pada tingkat 2 % per decade. Sel surya yang beroperasi di bawah konsentrasi sinar matahari menderita efek pemanasan, yang dapat menjadi sangat penting pada konsentrasi sinar matahari yang tinggi. Untuk alasan itu penggunaan sistem pendingin sangat diperlukan untuk operasi yang lebih baik dari sel-sel ini. Resistansi seri tinggi juga menyebabkan penurunan kinerja sel surya konsentrator terutama ketika konsentrasi meningkat. Jadi, penting untuk meminimalkan tahanan seri pada sel-sel ini. (Haris Isyanto dan Prian Gagani 2017)

1.3 Efisiensi Sel Surya

Efisiensi Sel Surya dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain tegangan open circuit (VOC), arus short circuit (ISC) dan Fill Factor (FF) seperti ditunjukkan pada Persamaan 1 dan Persamaan 2

$$\eta = \frac{V_m \times I_m}{G} \times A \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$FF = \frac{(V_m \times I_m)}{V_{oc} \times I_{sc}} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- η = efisiensi sel surya
- V_m = tegangan pada kondisi maksimum (V)
- I_m = arus pada kondisi maksimum (A)
- G = irradiansi matahari (W/m²)
- A = Luas panel (m²)
- V_{oc} = open circuit voltage (volt)
- I_{sc} = short circuit current (ampere)
- FF = Fill Factor, menyatakan kualitas sel

Efisiensi maksimum dari konversi energi sel
SEMNASTEK UISU 2020

surya tergantung pada temperatur kerja, radiasi matahari, kecepatan angin, keadaan atmosfer bumi, dan posisi letak sel surya terhadap matahari (tilt angle). Intensitas radiasi matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) yang dihasilkan dan sedikit berpengaruh pada tegangan. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi adalah dengan menambah intensitas cahaya matahari seperti menggunakan lensa pengumpul cahaya atau reflector cahaya seperti cermin. Kecepatan angin disekitar lokasi sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur sel surya secara langsung atau mendinginkan pendingin sel surya yang sudah dipasang. Untuk mendapatkan angin secara terus menerus dapat dilakukan dengan pemasangan kipas angin yang dikontrol. Namun cara ini juga akan membutuhkan energi tambahan. Keadaan atmosfer bumi pada saat berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimal arus listrik dari deretan sel surya.

Keadaan atmosfer bumi akan mengurangi intensitas cahaya yang mengenai permukaan panel sel surya dan selanjutnya akan memperkecil daya keluaran sel surya. Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel surya secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum ±1000 W/m² bergantung pada daerahnya. Sudut orientasi (tilt angle) dari panel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Untuk dapat mempertahankan ketegaklurusan antara sinar matahari dengan bidang PV, yang dapat diperoleh dengan pengontrolan tracking arah matahari secara otomatis dimana sel surya dapat bergerak mengikuti arah matahari dan menjaga tilt angle tegak lurus terhadap matahari

II. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan di Halaman kampus Universitas Pembangunan Panca Budi Medan. Dan LAB Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi Medan digunakan untuk menganalisis hasil data penelitian.

Waktu yang digunakan untuk pengambilan data penelitian ini pada tanggal 21 Juni 2020 pada Pukul 0.9.00 wib hingga pukul 15.00 wib. Waktu yang dipilih untuk melakukan penelitian ini dikarenakan intensitas matahari cukup baik untuk mengambil data penelitian.

2.2 Rancangan Kegiatan

Rancangan kegiatan dalam penelitian ini dengan membandingkan antara dua solar cell dengan tanpa diberi pendingin dan yang diberi pendingin. Nantinya tegangan dan suhu akan diambil sebagai data perbandingan. Dari hasil perbandingan tersebut penulis akan membandingkan data tegangan dan

suhu. Tegangan ini nantinya akan merepresentasikan efisiensi solar cell yang kemudian akan dibandingkan dengan solar cell yang tanpa pendingin dan dengan pendingin.

2.3 Teknik Pengumpulandata

2.3.1 Alat dan Bahan

Alat:

1. Multimeter
2. Luxmeter
3. TermometerLaser
4. Panel Solar Cell
5. Catu daya

Bahan:

1. Heatsink
2. Fan (12 volt)
3. Acrylic

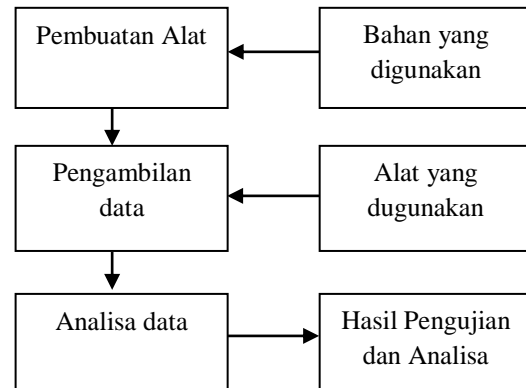
2.3.2 Cara Kerja

Dalam penelitian ini penulis melakukan 2 tahap antara lain yaitu:

1. Tahap Pembuatan Pendingin
 Dalam Tahap ini dari bahan yang telah disiapkan maka penulis akan membentuk untuk membuat pendingin panel solar cell. Acrylic yang telah disiapkan akan disesuaikan dengan bidang solar cell yang akan digunakan. Membuat lubangpada acrylic untuk tempat peletakan*heatsink fan*. *Heatsink fan* dibagi menjadi 2 fungsi. Fungsi *heatsink* pertama untuk menghisap udara dari luar dan *heatsink* yang kedua untuk mengeluarkan udara dari dalam ruang panel solar cell. Kemudian memasang*heatsink fan* pada lubang acrylic yang telah dirancagndan pendingin siap untuk digunakan
2. Pengambilan Data
 Setelah tahap pembuatan pendingin selesai maka dilakukan langkah selanjutnya yaitu pengambilan data. Pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali dengan data yang diambil berupa tegangan dan Suhu pada papan solar cell. Nilai tegangan akan didapat dengan menggunakan alat ukur multimeter sedangkan suhu akan didapat dengan menggunakan alat ukur terometer laser. Alat ukur lux meter digunakan untuk mengetahui nilai intensitas cahaya pada setiap pengujian. Hasil semua data akan di analisa dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil dari gambar grafik dan tabel akan dibandingkan antara panel solar cell yang menggunakan pendingin dan panel solar cell tidak menggunakan pendingin dan akan dicari nilai rata-rata penurunan

suhu dan kenaikan efisiensi panel surya.

2.3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 6. Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

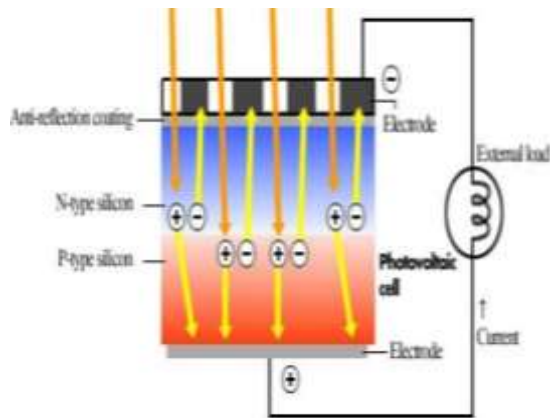
Untuk mengantisipasi persediaan energi di masa yang akan datang, sejak beberapa tahun terakhir ratusan pakar energi dari berbagai Negara saling berlomba untuk mengupayakan penemuan-penemuan baru tentang sumber energi alternatif yang tidak saja efisien tetapi juga bernuansa ramah lingkungan. Dan salah satunya energi alternatif itu sendiri adalah solar cell, walaupun secara efisiensi masih perlu banyak pertimbangan lebihjauh.



Gambar 7. Panel Solar Cell

Prinsip kerja solar cell dapat dijelaskan seperti berikut. Pada saat panampang solar cell terkena cahaya, maka sel surya akan menerima energi dari foton ke electron yang bergerak bebas pada lapisan tipe-n, sehingga dengan adanya pemberian energi dari foton tersebut, maka electron bebas pada lapisan tipe-n memiliki energi tambahan untuk pindah ke lapisan tipe-p. sehingga pada lapisan tipe-n bersifat lebih positif dari lapisan tipe-p, karena ada beberapa jumlah proton yang lebih besar dari pada jumlah electron. Lalu electron bebas tersebut masuk ke dalam lapisan tipe-p, electron akan memasuki hole yang ada pada lapisan

tipe-p. sehingga lapisan tipe-p ini akan bersifat lebih negative, karena ada beberapa atom yang memiliki jumlah proton lebih sedikit dari jumlah elektronnya. Jika lapisan tipe-p dan tipe-n dihubungkan dengan beban, maka akan mengalir arus dari lapisan tipen menuju tipe-p.



Gambar 8. Skema Prinsip Kerja Sel Surya
 Sumber: ing. Bagus Ramadhani, M.Sc, 2018

Semakin besar daya *input* yang diberikan, maka daya listrik yang dapat dihasilkan oleh sel surya semakin besar. Daya listrik adalah besaran yang diturunkan dari nilai tegangan dan arus sehingga sehingga nilai tegangan dan arus yang dihasilkan merupakan bagian dari kelistrikan yang dimiliki oleh sel surya. Daya listrik yang diberikan oleh sel surya adalah:

$$P_{sel} = V_{sel} \times I_{sel}$$

Efisiensi keluaran maksimum (η) didefinisikan sebagai prosentase daya keluaran optimum terhadap energi cahaya yang digunakan, yang dituliskan sebagai

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

Selain efisiensi, karakteristik yang lainnya adalah faktor pengisi (fill factor, FF). Fillfactor (FF) merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimum dan tegangan open circuit (V_{oc}) dan arus shortcircuit (I_{sc}). Hal ini berarti bahwa daya yang dimiliki oleh sel surya belum tentu dapat diberikan kepada beban sepenuhnya. Harga fill factor yang ideal 0.7 sampai 0.85. (Subandi,dkk 2014).

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

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

Panel surya sendiri memiliki suhu maksimum body. Suhu maksimum body biasa SEMNASTEK UISU 2020

tercantum pada badan panel surya. Suhu disini menunjukkan suhu maksimum yang dihitung pada panel surya untuk dapat bekerja. Jika suhu melebihi dari yang dicantumkan maka efisiensi panel surya dapat turun. Setiap kenaikan temperature panel surya 1oC (dari 25oC) akan mengakibatkan berkurang sekitar 0,5% pada total tenaga (daya) yang dihasilkan (Foster dkk., 2010). Untuk menghitung besarnya daya yang berkurang pada saat temperature disekitar panel surya mengalami kenaikan oC dari temperature standarnya, dipergunakan rumus sebagai berikut:

$$P_{saatnaik}^{oC} = 0,5 \% / ^{o}C \times P_{MPP} \times \text{Kenaikan temperature } (^{o}C)$$

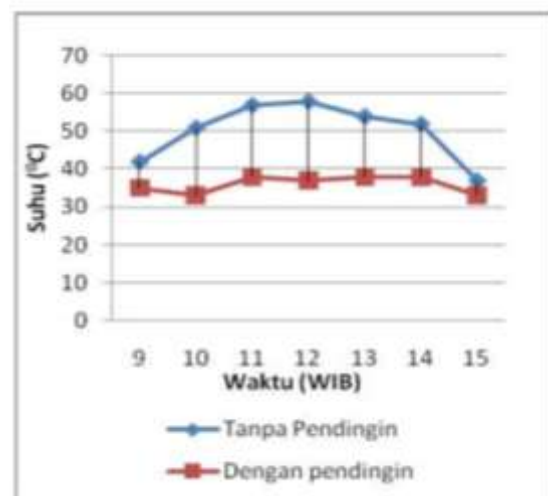
$$P_{MPP} = \text{Daya maksimum keluaran panel surya}$$

3.1 Perbandingan Suhu panel solar cell dengan pendingin dan tanpa menggunakan pendingin

Tabel 1. Tabel perbandingan suhu

| Waktu (WIB) | Suhu Panel Tanpa Pendingin ($^{\circ}C$) | Suhu Panel Menggunakan Pendingin ($^{\circ}C$) |
|-------------|--|--|
| 09:00 | 42 | 35 |
| 10:00 | 51 | 33 |
| 11:00 | 57 | 38 |
| 12:00 | 58 | 37 |
| 13:00 | 54 | 38 |
| 14:00 | 52 | 38 |
| 15:00 | 37 | 33 |

Dapat dilihat pada dengan menggunakan pendingin heatsink fan dapat menjaga suhu panel surya. Hal ini tentunya dapat digunakan untuk menjaga suhu pada panel surya. Dan berikut adalah perbandingan suhu dalam bentuk grafik



Gambar 9. Grafik perbandingan suhu

Sehingga dari data tersebut dapat dicari rata-rata penurunan suhu panel solar cell. Maka

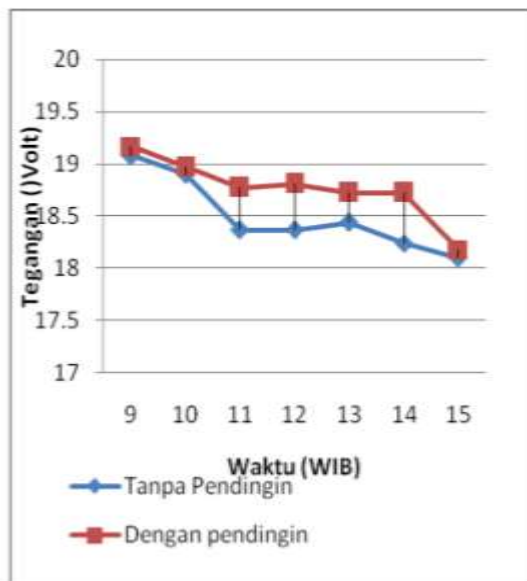
diperoleh rata-rata penurunan suhu dari panel surya tersebut adalah 14,14oC, sehingga kenaikan tersebut dapat dicari penurunan suhu dalam persen yaitu 28,20 % dari suhu tanpa pendingin solar cell.

3.2 Perbandingan Tegangan panel solar cell dengan pendingin dan tanpa pendingin

Tabel 2. Tabel perbandingan Tegangan

| Waktu (WIB) | Tegangan Panel Tanpa Pendingin (°C) | Tegangan Panel Menggunakan Pendingin (°C) |
|-------------|-------------------------------------|---|
| 09:00 | 19.03 | 19.33 |
| 10:00 | 19.16 | 19.31 |
| 11:00 | 18.76 | 19.12 |
| 12:00 | 18.73 | 19.07 |
| 13:00 | 18.85 | 19.08 |
| 14:00 | 18.61 | 19.08 |
| 15:00 | 18.5 | 19.81 |

Dapat dilihat pada Tabel 2 bahwa terdapat perbedaan tegangan antara panel dengan menggunakan pendingin dan tanpa pendingin. Berikut adalah grafik perbandingan tegangan.



Gambar 10 Grafik perbandingan tegangan

Dari grafik diatas juga merepresentasikan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh panel solar cell dengan menggunakan pendingin memiliki tegangan yang lebih besar dari pada yang tanpa pendingin. Dalam hal ini tegangan sudah merepresentasikan daya. Daya sendiri dipengaruhi oleh tegangan dan arus. Dalam hal ini arus dianggap konstan. Seiring dengan kenaikan irradiance maka arus akan meningkat. (Muchammad, dkk., 2010) . Dimana irradiance tertinggi terdapat pada tengah hari. Sehingga dapat dicari peningkatan rata-rata efisiensi panel tersebut dengan menggunakan tegangan (Arus dianggap

konstan dan diabaikan). Maka diketahui kenaikan ratarata efisiensi dari panel dengan menggunakan pendingin adalah 1,64 % dari efisiensi panel suryaini yang hanya 12,1 %. Sehingga jika dijumlahkan efisiensi panel surya yang menggunakan pendingin ini menjadi 13,74 %.

IV. KESIMPULAN

1. Penurunan Rata-rata Suhu panel surya dengan menggunakan pendingin adalah 28,20 %
2. Peningkatan efisiensi panel surya berubah dari 12,1 % menjadi 13,74 % karena menggunakan pendingin

DAFTAR PUSTAKA

A. BUKU

- [1] ing. Bagus Ramadhani, M.Sc, 2018 *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya*, Bekerjasama dengan: Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (DJ EBTKE) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) Republik Indonesia, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev) Indonesia, Gedung De RITZ, Lantai 3 Jl. HOS. Cokroaminoto No. 91 Menteng, Jakarta Pusat 10310 Indonesia.

B. ARTIKEL JURNAL

- [2] Muchammad dan Yohana ,Eflita. 2010. "Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Module 50 Watt Peak Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor Dengan Variasi Sudut Reflektor 00, 500, 600, 700, 800." Rotasi Jurnal Teknik Mesin Vol. 12, No. 4. Hal. 14-18
- [3] Suriadi dan Syukri, Mahdi. 2010. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYSY Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh." Jurnal Rekayasa Elektrika Vol. 9, No. 2. Hal. 77-80

C. PROSIDING SEMINAR

- [4] Subandi dan Slamet Hani, 2014 "Korelasi Suhu Dan Intensitas Cahaya Terhadap Daya Pada Solar Cell" 15 November 2014 Yogyakarta Indonesia Hal. C31 – C40
- [5] Haris Isyanto dan Prian Gagani Chamdareno 2017 "Pendingin Untuk Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya "1-2 November 2017 Jakarta Indonesia Hal. 1-8.

D. SUMBER RUJUKAN DARI WEBSITE

- [6] Widodo , R. T. (2008). “*Prinsip Kerja Panel Surya.*” URL :<http://punyaunie.blogspot.com/2008/12/prinsipkerja-sel-surya.html?m=1> diakses oktober 2012.
- [7] Hindawi. 2012. International Journal of Photoenergy Volume 2014 (2014), Article ID 763106, 9 pages. <http://www.hindawi.com/journals/ijp/2014/763106/> . Diakses pada 3 Maret 2016