

Kaji Eksperimental Penggunaan Sirip Pada Pendinginan Panel PV Menggunakan Media Udara

Syamsul Bahri Widodo¹, Hamdani² dan Puput Heri Syaputra³

^{1,2,3)} Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Samudra, Meurandeh, Langsa 24416, Aceh

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Oktober 2014

Direvisi dari 20 Oktober 2014

Diterima 30 Oktober 2014

Kata Kunci:

Panel PV

Pendinginan

Media Udara

Sirip

ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian pendinginan panel surya menggunakan udara sebagai media pendingin. Hasil pengujian juga dibandingkan dengan panel surya tanpa pendinginan. Dari hasil kedua pengujian diperoleh, efisiensi maksimum panel surya tanpa pendinginan adalah 6,7% pada temperatur permukaan 40°C dan akan menurun dengan meningkatnya temperatur permukaan panel surya. Efisiensi maksimum panel surya dengan pendinginan udara mencapai 7,8% pada temperatur permukaan 40°C. Sedangkan efisiensi termal sistem diperoleh sebesar 42,2 % dengan masa laju aliaran udara dipertahankan pada 0,052 kg/s. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pendinginan udara dapat diterapkan untuk menjaga panel surya bekerja pada efisiensi terbaik.

© 2014 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. LATAR BELAKANG

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia, Peningkatan kebutuhan energi merupakan indikator peningkatan kemakmuran, namun bersamaan dengan itu juga menimbulkan masalah dalam usaha penyediaannya. Oleh karena itu pemakaian energi surya di Indonesia mempunyai prospek yang sangat baik, mengingat bahwa secara geografis Indonesia sebagai negara tropis, melintang garis katulistiwa berpotensi energi surya yang cukup baik.

Pemanfaatan Tenaga Surya melalui konversi Photovoltaic telah banyak diterapkan, panel surya / solar cell sebagai komponen penting pembangkit listrik tenaga surya, mendapatkan tenaga listrik pada pagi sampai sore hari sepanjang ada sinar matahari. Secara umum sumber energi dikategorikan menjadi dua bagian yaitu non-renewable energy dan renewable energy. Sumber energi fosil adalah termasuk kelompok yang pertama, dan ternyata sebagian besar aktivitas di dunia ini menggunakan energi konvensional ini. Saat dunia membutuhkan sumber energi alternatif ramah lingkungan yang ketersediaannya berlimpah, serta dapat diperbarui (*renewable energy*), maka

teknologi mutakhir yang disebut solar cell tampil ke depan, teknik penyediaan tenaga ini mengubah cahaya matahari yang persediaannya di alam semesta hampir tak terbatas, untuk selanjutnya dijadikan energi listrik yang siap guna, tetapi pada kenyataannya, efisiensi dari sel surya yang ada saat ini masih rendah.

Dampak dari efisiensi sel surya yang rendah ini, berpengaruh pada hasil output daya listrik pada PV *module*. Untuk itu, perlu upaya untuk mengoptimalkan *output* daya PV *module* agar efisiensinya dapat meningkat juga. Salah satunya dengan cara menambah pendinginan untuk menjaga temperatur sel surya agar tetap stabil dibawah temperature puncak 45°C, maka diperlukan suatu metode pendinginan sel surya agar tidak mengalami penurunan tegangan akibat kenaikan temperatur, maka panas pada bagian belakang panel surya dapat diminimalisir.

1.1. Panel Surya Photovoltaic Panels (PV)

Panel Surya PV adalah alat yang terdiri dari sel-sel surya yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik berdasarkan efek photovoltaic. Sel surya fotovoltaiik merupakan alat yang dapat mengubah energi sinar matahari

secara langsung menjadi energi listrik. Pada dasarnya sel tersebut merupakan dioda semi konduktor yang bekerja melalui proses khusus yang dinamakan proses tidak seimbang (*nonequilibrium process*) dan berlandaskan efek fotovoltaiik (*photovoltaic effect*) (Abdul Kadir, 1995).

Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan pembangkit listrik energi terbarukan secara luas dianjurkan oleh banyak negara. Panel surya (PV cell) merupakan salah satu produk yang memanfaatkan energi terbarukan yang paling populer. Panel surya yang dilengkapi dengan sel fotovoltaiik dapat mengkonversi langsung radiasi matahari menjadi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk peralatan listrik rumah tangga, lampu penerangan jalan dan penggerak pompa air. Namun, selama pengoperasian panel surya, hanya sekitar 15% dari radiasi matahari dikonversi menjadi listrik dan sisanya diubah menjadi panas, akibatnya efisiensi listrik panel surya akan menurun ketika temperatur panel meningkat.

Dalam sel-sel fotovoltaiik, energi cahaya yang mengenai permukaan sel akan menghasilkan tegangan fotovoltaiik yang timbul pada lapisan yang terbentuk antara permukaan semikonduktor dengan lapisan konduktor ataupun antara dua bahan semikonduktor yang berbeda jenisnya (Peter Soedjo,1999).

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menurunkan temperatur permukaan panel surya dalam usaha meningkatkan efisiensi listrik. Umumnya, penurunan temperatur dilakukan dengan menggunakan udara atau air sebagai media pendingin. Sebagian penelitian juga diarahkan untuk mengetahui menurunkan biaya peralatan dengan cara menggabungkan panel surya (PV) dengan sistem termal, dimana energi termal diperoleh dari pendinginan panel surya dimanfaatkan untuk aplikasi lain pada kisaran temperatur rendah. Dari hasil penelitian yang melakukan modifikasi konfigurasi panel surya dengan system pendinginan sebagaimana dilaporkan oleh Dubey et al. (2009). Dari hasil penelitian dengan menggabungkan panel surya dengan kolektor udara diperoleh efisiensi rata-rata system berkisar antara 9,75 % sampai 10,41%.

Nuri Yulianti (1990) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa ada hubungan antara daya sumber cahaya dan intensitas cahaya, yaitu jika daya sumber cahaya berubah, intensitasnya pun berubah. Daya yang dihasilkan sebuah panel surya bergantung pada radiasi matahari yang diterima, luas permukaan panel dan suhu panel. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. Karena itu, pada saat

pemasangan panel perlu diperhatikan untuk menyediakan jarak dengan atap agar udara dapat bersirkulasi di bawah panel (efek pendinginan).

Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi yang dipancarkan matahari. Suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai 0,5 miliar energi matahari atau kira-kira $1,3 \times 10^{17}$ Watt (Karmon Sigalingging, 1994).

Tiwari (2007), melakukan penelitian eksperimental dan simulasi numerik bertujuan melakukan evaluasi performan PV/T kolektor udara (dilengkapi kaca dan tanpa kaca penutup, dengan tedlar dan tanpa tedlar). Hasil pengujian diperoleh PV/T kolektor udara kolektor udara tanpa tedlar memberikan performan yang lebih baik.

Garg dan Adhikari (1999), mengembangkan model simulasi computer untuk pengaruh absorber terhadap efisiensi kolektor surya. Hasil analisa diperoleh, efisiensi absorber kolektor surya yang tidak dilapisi dengan sel surya lebih tinggi dibandingkan dengan absorber kolektor surya yang dilapisi dengan sel surya. Hal ini disebabkan radiasi yang diterima oleh lapisan sel surya dikonversikan menjadi energi listrik.

Zondag, et.al (2003) melakukan pengujian dan evaluasi terhadap modifikasi Sembilan buah prototipe PV/T, hasilnya menunjukkan bahwa penurunan temperatur panel surya mampu meningkatkan efisiensi diatas 50%.

Infield, et.al (2004), melakukan kajian penurunan temperatur panel surya dengan mengalirkan udara saluran antara dua lapisan kaca penutup untuk proses pemanasan.

Joshi and Tiwari (2007), melakukan analisis terhadap sistem PV/T kolektor udara yang terkoneksi secara seri. Dari hasil pengembangan model analisis yang divalidasi dengan data eksperimental, menunjukan bahwa efisiensi total sistem mengalami penurunan terhadap panjang modul akibat proses rugi-rugi sistem.

Dan laju aliran udara (m) dihitung dengan persamaan :

$$m = \rho_{udara} \cdot A_s \cdot V_{udara} \quad (1)$$

m	=	Massa laju aliran udara (kg/s)
ρ_{udara}	=	Massa jenis udara (m/s)
V_{udara}	=	Volume udara (m ³)
A_s	=	Luas saluran masuk udara (m ²)

Untuk menentukan efisiensi listrik (η_e) panel surya didasarkan pada persamaan berikut :

$$\eta_e = \eta_o [1 - \beta(T_p - T_r)] \quad (2)$$

Dimana :

η_e = Efisiensi listrik (%)

η_o = Efisiensi listrik pada kondisi standar (%)

β = Koefisien Temperatur ($1/^\circ\text{C}$)

T_p = Temperatur panel surya ($^\circ\text{C}$)

T_r = Temperatur referensi = 25°C

Efisiensi listrik pada kondisi standar (η_o) ditentukan dari :

$$\eta_o = \frac{V_m I_m}{G A_p} \times 100 \% \quad (3)$$

η_o = Efisiensi listrik pada kondisi standar (%)

V_m = Tegangan Maksimum (Volt)

I_m = Arus Maksimum (Ampere)

G = Intensitas Radiasi (W/m^2)

A_p = Luas Sel Surya (m^2)

Dan efisiensi termal dari sistem panel surya pendinginan udara, ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{th} = \frac{m C_p (T_o - T_i)}{A_p G} \times 100 \% \quad (4)$$

Dimana :

η_{th} = Efisiensi thermal (%)

m = Massa laju aliran udara (kg/s)

C_p = Panas spesifik udara ($\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$)

T_o = Temperatur keluar

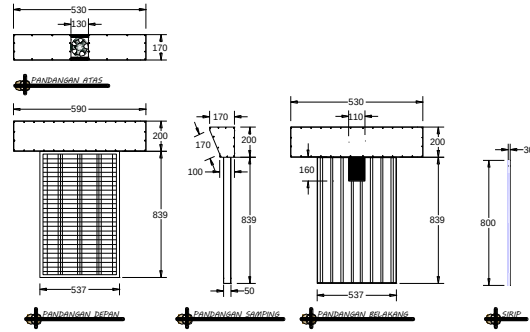
T_i = Temperatur masuk

G = Intensitas radiasi (W/m^2)

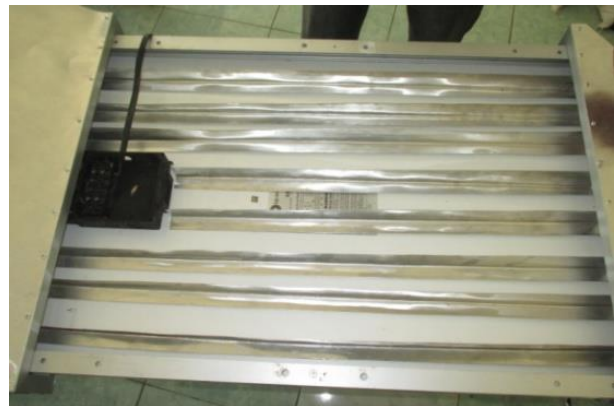
A_p = Luas Panel surya (m^2)

2. METODE PENELITIAN

Perangkat utama penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 1. Sirip pendingin berfungsi untuk menyalurkan kalor dari ruang bagian belakang panel surya dan sebagai Pengarah udara (*air shroud*) memiliki bentuk sekat-sekat untuk mengarahkan udara agar mengalir melalui sirip pendingin. Sirip terbuat dari Aluminium dengan tebal 0,5mm ukuran panjang 80cm berjumlah 6 buah dan panjang 60cm berjumlah 2 buah dengan tinggi masing-masing 3cm.



Gambar 1. Ukuran Panel PV yang dilengkapi sirip



Gambar 2 Panel PV yang telah dipasang Sirip

Rumah kipas (*fan*) adalah casing yang berbentuk seperti kotak yang memiliki ukuran lebar 20cm dan panjangnya 59cm, terbuat dari bahan aluminium 0,5mm. berfungsi sebagai tempatudukan kipas dan tempat kipas beroperasi mengawal suhu dalam ruang belakang panel surya.



Gambar 3 Peletakan Kipas (Fan)

Solar Power Storage adalah System Penampungan listrik yang dihasilkan oleh Panel surya sebelum digunakan.

Berisi Controller/Charge regulator yang terintegrasi dengan box battery, battery, saklar (switch), Socket DC (stop kontak), terminal koneksi, dan Plug&Play Cable baik untuk kabel ke panel surya maupun kabel instalasi. Dalam penelitian ini digunakan SPS type-6.70~10.80. dengan spesifikasi :

Voltage (Voc)	:	12
Regulator voltage (V)	:	14,3
Solar input (Amp)	:	6,0/10
Load Disconnect (V)	:	11,5
Beban (Amp)	:	6,0/10
LVD reconnect (V)	:	12,6
Current Overload	:	25%

Battrey sebagai penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh Sel Surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Beban berupa kipas (*Fan*) yang membutuhkan listrik AC. Battery yang digunakan dalam penelitian ini dengan tegangan 12V.

Inverter AC Berfungsi merubah arus DC dari battrey menjadi arus AC. Spesifikasi inverter sebagai berikut :

Model	:	SUOER SAA-500
Output Voltage	:	220V-240V
Power	:	500W
Berat	:	0,54 Kg
Input Voltage	:	12V-24V
Dimensions	:	160x95x54mm

Panel surya / solar cell sebagai komponen penting pembangkit listrik tenaga surya, mendapatkan tenaga listrik pada pagi sampai sore hari sepanjang ada sinar matahari.

Dalam penelitian ini digunakan panel surya dengan spesifikasi.

Daya Maksimum (Pmax)	:	50Wp.
Open Circuit Voltage (Voc)	:	21,5 V
Tegangan Max (Vmp)	:	17,5 V
Short Circuit Current (Isc)	:	3,2 A
Arus Maksimum (Imp)	:	2,9 A
Cell Temperatur Max	:	48°C

Kipas yang digunakan Daya 3W, Arus 220-240V frekuensi 50/60Hz. Kecepatan Udara Maximum 5,00 m/s.

Untuk mengetahui temperatur panel surya, seperti temperatur masuk dan temperatur keluar dari ruang belakang panel surya, temperatur dan temperatur didalam panel surya maka digunakan termokopel untuk

memudahkan pengukuran. Thermometer adalah alat ukur untuk menghitung temperatur. Alat ukur ini bekerja menggunakan kabel thermokopel yang diletakkan dititik panel surya yang dihubungkan pada bagian depan thermometer untuk mengukur hasil secara digital.

Environment Meter Mengukur Intensitas Cahaya, Mengukur Temperatur dan Kelembaban udara ambien. Thermo-Anemometer berfungsi sebagai alat pengukur kecepatan angin di sekitar daerah penelitian.

Multitester adalah alat ukur listrik berfungsi untuk mengukur tegangan (Volt), arus (Ampere), hambatan (Ohm), baik Arus searah DC (*Direct Current*), maupun bolak-balik AC (*Alternating Current*).

Pada penelitian ini ditetapkan variabel yang akan diukur meliputi:

1. Radiasi Surya (G)
2. Tegangan keluar panel (Vp)
3. Arus Keluar panel (Ip)
4. Temperatur Permukaan (TP)
5. Temperatur Ruangan (TR)
6. Temperatur lingkungan (TL)
7. Temperatur udara masuk (TM)
8. Temperatur udara keluar (TK)
9. Kelembaban udara (KU)
10. Kecepatan udara (KA)

Sedangkan variabel bebasnya yaitu besar sudut kemiringan dari panel surya. Pengumpulan data yang dilakukan sebagai berikut:

2.1. Pengujian Panel Surya Tanpa Sirip

Panel Surya ini bersirkulasi alami dengan matahari sebagai sumber panas. Pengujian alat ini dilakukan dalam keadaan kosong tanpa sirip dimana akan dikaji panas optimal matahari yang diserap oleh sel surya dan efisiensi listrik, temperature dalam ruang belakang sel surya, Tegangan keluaran sel surya, radiasi surya, kelembaban lingkungan sekitar daerah penelitian, temperature permukaan atas dan belakang, temperature, masuk, keluar dan lingkungan serta kecepatan angin.

Pengambilan data dilakukan setiap interval 15 menit sekali dari pengujian yang dilakukan dari jam 09.00-17.00 WIB.

2.2. Pengujian Panel Surya dengan Kipas dan Sirip-sirip

Sebelum proses pengujian ini dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran efisiensi listrik. Setelah mendapatkan data temperature, daya, efisiensi, dan tegangan keluaran, kemudian sirip disusun pada bagian belakang panel surya dan pada bagian rumah kipas panel surya, dibagian tengah panel surya dan pada bagian saluran keluar kalor diletakkan kabel termokopel guna mengetahui titik-titik temperatur yang akan diukur dan dicatat. Pencatatan data dilakukan setiap 15 Menit sekali, berikut juga temperatur luar pada sel surya dengan menggunakan environment meter. Pengujian ini juga dilakukan mulai jam 09.00 hingga pukul 17.00 Wib.

Pada Pengujian sel surya ini variable yang diukur dan dicatat adalah :

1. Temperatur udara masuk (T1/TM)
2. Temperatur ruang panel (T2)
3. Temperatur udara keluar (T3,T4,T5)
4. Temperature lingkungan (TL)
5. Temperatur permukaan (TP)
6. Tegangan keluaran panel (Vp)
7. Kecepatan angin disekitar daerah penelitian (KA)
8. Radiasi surya (G)
9. Kelembaban udara (KU).
10. Tegangan keluar panel (Vp)
11. Arus Keluar panel (Ip)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

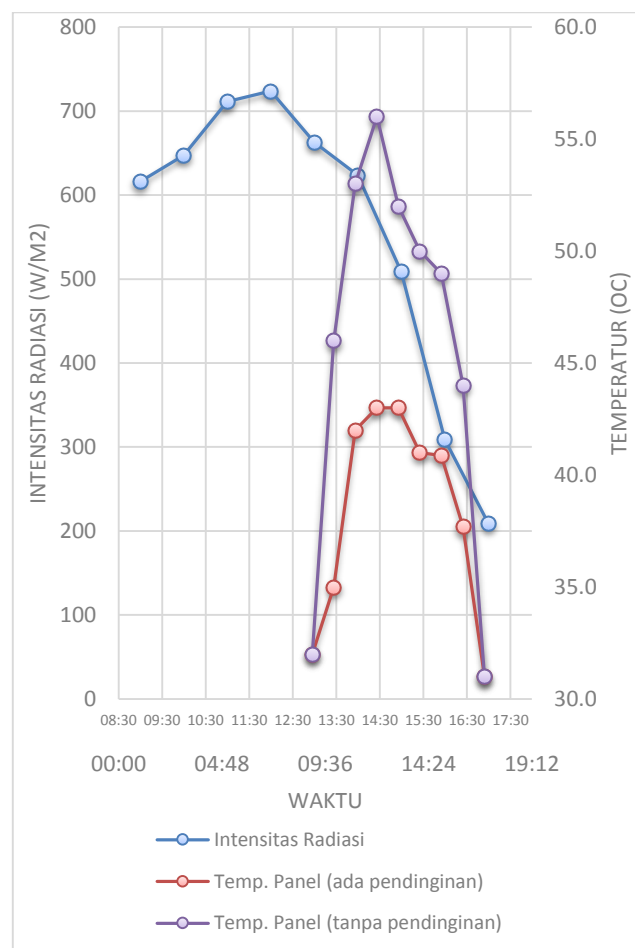
3.1. Hasil Pengujian

Panel surya yang dipergunakan adalah panel surya type BP350J dengan silicon sel *nitride multicrystalline silicon cells*. Panel memiliki ukuran panjang 839 mm, lebar 537 mm, dan tebal 50 mm. Untuk mendinginkan panel surya digunakan media udara yang dialirkan masuk dari bagian atas panel dan keluar dari bagian bawah panel, pengujian dimulai pada pukul 09.00 hingga 17.00 WIB.

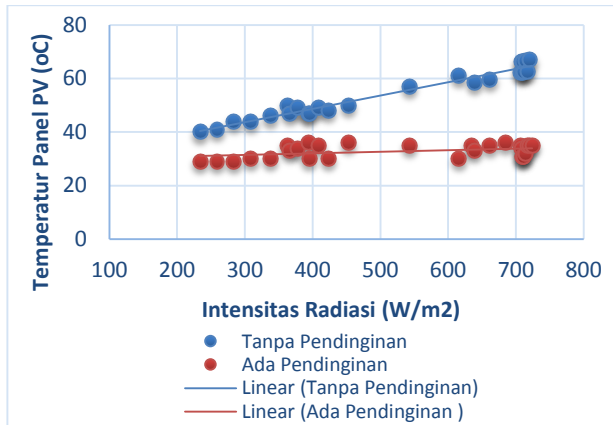
Pengujian dilakukan di lokasi lapangan terbuka dalam lingkungan Universitas Samudra, Kota Langsa Provinsi Aceh, pada tanggal 26-29 Juni 2014 mulai pukul 09.00 pagi sampai pukul 17.00.

Hasil pengukuran yang dilakukan pada tanggal 28 Juni 2014, perubahan temperatur permukaan panel surya dan

intensitas radiasi untuk panel surya tanpa pendinginan udara dan panel dengan pendinginan udara ditunjukkan dalam Gambar 4 dibawah ini. Dari terlihat intensitas radiasi maksimum terjadi pada pukul 12.00 sekitar 735 W/m². Sedangkan temperatur maksimum permukaan panel surya terjadi pada panel surya tanpa pendinginan yaitu sebesar 52 °C yang terjadi pada pukul 12.00. Sedangkan temperatur rata-ratanya pada kisaran 46-49 °C. Hal ini juga sesuai dengan kondisi intensitas radiasi surya. Pengaruh yang nyata adanya pendinginan terhadap temperatur permukaan panel surya terlihat pada temperatur permukaan panel surya yang didinginkan dengan udara, dimana temperatur maksimum panel hanya mencapai 42 °C. Pada panel surya tanpa pendinginan kenaikan temperatur panel mencapai 24°C mulai pukul 09.00 sampai pukul 12.00, sedangkan panel surya dengan pendinginan kenaikan temperatur dalam waktu yang sama hanya 14°C. Hal ini menunjukkan perangkat uji yang telah dibuat mampu bekerja dengan baik.



Gambar 4. Hasil pengukuran perubahan temperatur permukaan panel surya dan intensitas radiasi surya.

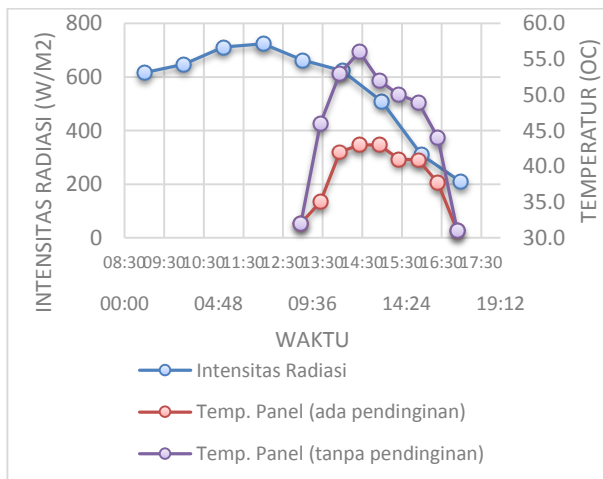


Gambar 5. Hubungan Intensitas Radiasi terhadap Kenaikan Temperatur Permukaan panel Surya

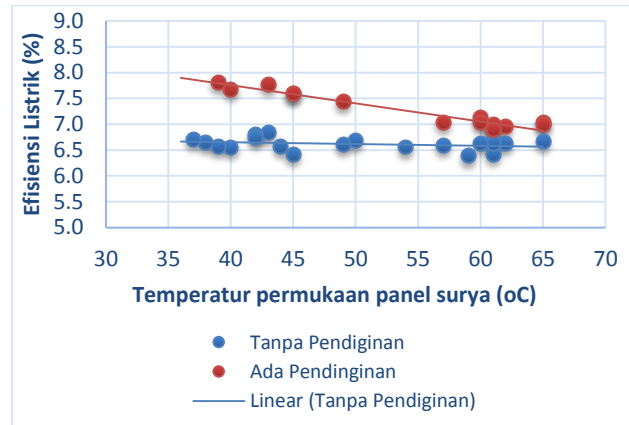
Gambar 5, memperlihatkan hubungan intensitas radiasi terhadap kenaikan temperatur permukaan panel surya. Dari grafik terlihat temperatur kedua panel meningkat dengan meningkatnya radiasi surya yang diterima oleh panel surya. Untuk panel surya tanpa pendinginan, temperatur permukaan meningkat dengan cepat dibandingkan dengan panel surya yang dilengkapi dengan pendinginan udara.

3.2. Hubungan efisiensi listrik dengan temperatur permukaan panel

Hubungan efisiensi listrik dengan temperatur permukaan panel ditunjukkan pada grafik dibawah ini :



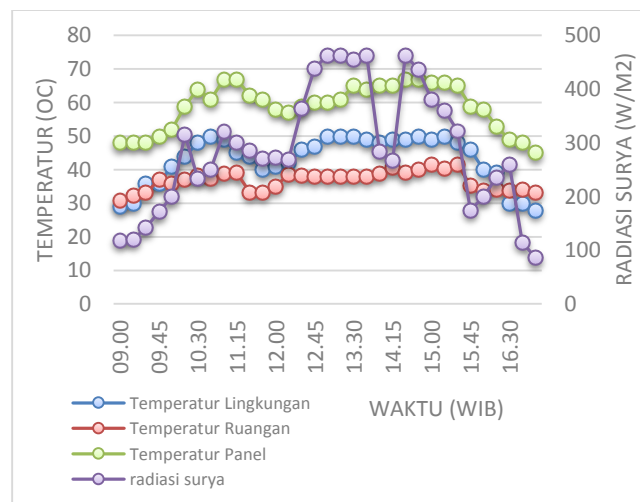
Gambar 6. Hubungan temperatur permukaan panel surya dengan intensitas radiasi surya.



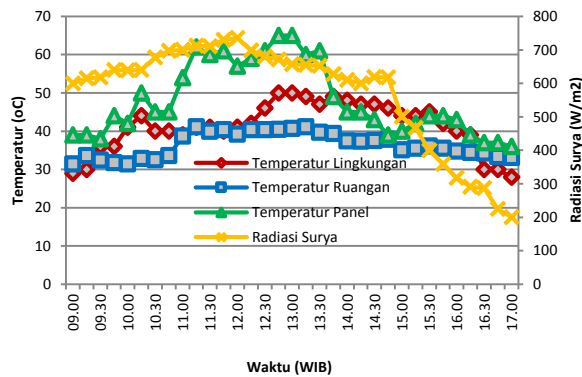
Gambar 7. Hubungan efisiensi listrik dengan temperatur permukaan panel.

Pada Gambar 7 diatas, memperlihatkan pengaruh temperatur permukaan panel surya terhadap efisiensi listrik panel surya (PV). Efisiensi listrik ditentukan menggunakan persamaan persamaan (2.2) dan (2.3). Dari grafik terlihat bahwa efisiensi listrik panel surya tanpa pendinginan berkisar pada 6,1 % - 6,5 %. Sedangkan untuk panel surya dengan pendinginan udara efisiensi listrik berkisar pada 7,0 % - 7,8 %. Hal ini membuktikan bahwa pendinginan udara mampu meningkatkan efisiensi listrik panel surya.

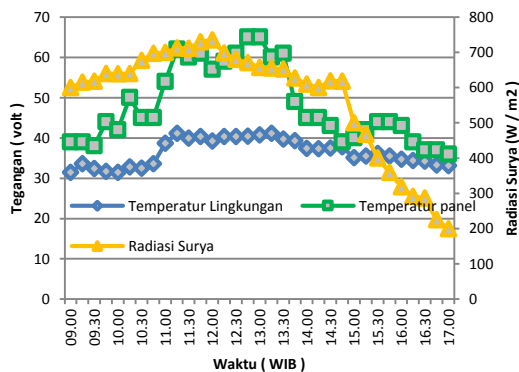
Untuk memperoleh informasi pengaruh udara pendingin, pengujian juga dilakukan pada panel surya tanpa pendingin udara, Dari grafik berikut terlihat bahwa kecenderungan grafik temperatur naik seiring dengan kenaikan radiasi surya. begitu juga temperatur luar, temperature ruangan, dan temperature panel ikut untuk turun ataupun naik.



Gambar 9 Hubungan Radiasi Surya terhadap TL, TR dan TP



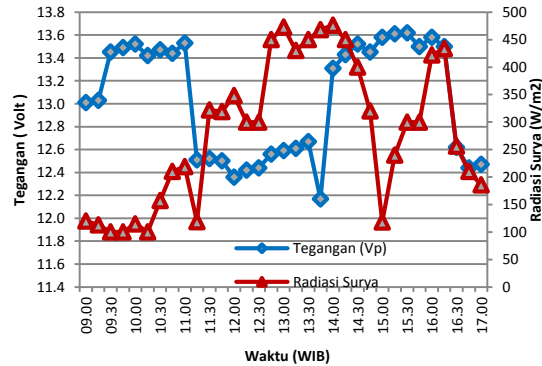
Gambar 10 Hubungan Radiasi Surya terhadap TL, TR dan TP panel surya tanpa pendinginan



Gambar 11 Hubungan Radiasi Surya terhadap TL, TR dan TP panel surya dengan pendinginan

Pada grafik diatas terlihat bahwa kecenderungan grafik temperatur panel naik seiring dengan kenaikan intensitas radiasi surya. Naik Turunnya data ini disebabkan karena kenaikan intensitas cahaya tidak langsung diikuti kenaikan suhu begitu pula sebaliknya, penurunan intensitas cahaya tidak langsung diikuti dengan penurunan suhu.

Pengukuran tegangan terhadap sel surya dilakukan untuk mengetahui daya dimana daya didapatkan melalui perkalian arus dengan tegangan, sehingga pengukuran tegangan menjadi sangat penting, pada penelitian ini didapatkan hasil pengukuran tegangan seperti pada grafik berikut ini :

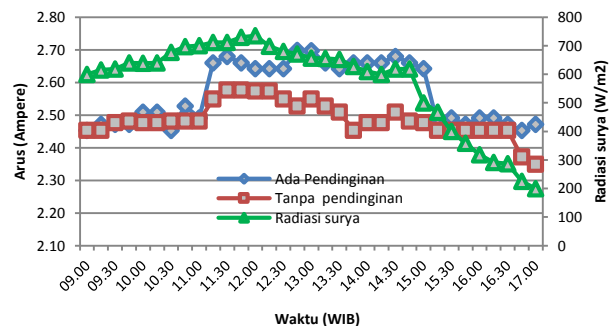


Gambar 12 Grafik hubungan radiasi surya dengan tegangan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa tegangan sel surya biasa lebih kecil dibandingkan dengan sel surya yang menggunakan pendingin, pada sel surya biasa didapat tegangan minimum 12,5 Volt saat kondisi mendung dan saat kondisi cerah didapat tegangan maksimum 13,7 Volt. Sedangkan sel surya yang menggunakan pendingin pada saat kondisi cerah dapat menghasilkan tegangan maksimum hingga 14,3 Volt.

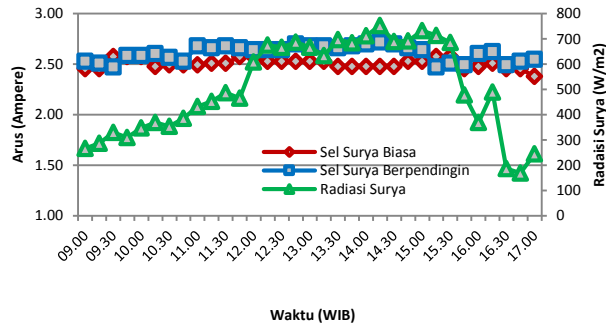
3.3. Perbandingan unjuk kerja pansel PV tanpa pendinginan dengan berpendingin

Di bawah ini merupakan grafik perbandingan arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin.



Gambar 13 Grafik Arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin

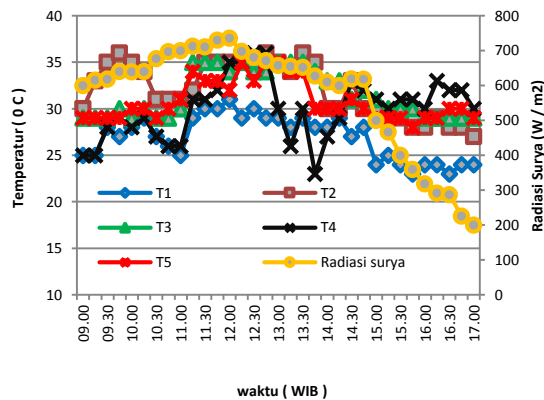
Grafik perbandingan Arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin, dimana didapati arus minimum sel surya biasa adalah 2,45 Volt dan maksimum 2,58 Volt. sedangkan sel surya yang menggunakan pendingin menghasilkan arus maksimum hingga 2,70 Volt.



Gambar 14 Grafik Arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin

Dari grafik 14 memperlihatkan hasil pengukuran arus sel surya biasa pada kondisi maksimum yaitu 2,57 Volt. Sedangkan pada sel surya berpendingin arus minimum 2,51 Volt dan arus maksimum nya 2,72 Volt.

Dari grafik dibawah ini menunjukkan perubahan temperature pada titik-titik peletakan termokopel, pada titik temperature masuk (T1), titik temperature ruangan (T2), titik temperature keluar kiri (T3), titik temperature keluar tengah (T4) dan titik temperature keluar kanan (T5).



Gambar 15 Hubungan Temperatur T1, T2, T3, T4, T5 terhadap Radiasi surya

Dari gambar 4.11 terlihat bahwa temperature pada titik T1 yaitu 25-31°C. Karena berada pada titik masuk udara pendingin (kipas) temperature relatif lebih rendah, kemudian pada titik T2 temperatur yang didapat berkisar 30-36°C, selanjutnya pada titik temperature keluar kiri (T3) didapat temperature 29-35°C, pada pengukuran titik T4 didapat temperature yaitu 25-36°C, dan pada titik T5 didapat 29-35°C.

4. PEMBAHASAN

Untuk menentukan nilai massa laju aliran udara berdasarkan data penelitian pada tanggal 29 Juni 2014 dapat ditentukan dari persamaan (2.1) didapat massa laju aliran udara sebesar 0,052 kg/s

Berdasarkan data pengujian tanggal 29 Juni 2014, dengan massa laju aliran udara 0,052 kg/s nilai efisiensi thermal pada sel surya berpendingin dengan luas kolektor surya 0,4505 m² dan Radiasi Surya yang paling besar saat pengukuran pada tanggal 29 Juni 2014 yang terukur 753 W/m² dengan Daya 39,125 Watt pada pukul 14.15 Wib maka dapat ditentukan efisiensi thermal maksimum adalah: 42,2%.

Berdasarkan data pengujian tanggal 28 Juni 2014. Dari grafik terlihat bahwa efisiensi listrik panel surya tanpa pendinginan berkisar pada 6,1 % - 6,5 %.

Sedangkan untuk panel surya dengan pendinginan dari pengujian tanggal 28 Juni 2014 didapat Tegangan maksimum 14,3 Volt dan Arus maksimum 2,70 Ampere maka udara efisiensi listrik berkisar pada 7,0 % - 7,8 %.

5. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian pendinginan panel surya menggunakan udara sebagai media pendingin. Hasil pengujian juga dibandingkan dengan panel surya tanpa pendinginan. Dari hasil kedua pengujian diperoleh, efisiensi maksimum panel surya tanpa pendinginan adalah 6,7% pada temperatur permukaan 40°C dan akan menurun dengan meningkatnya temperatur permukaan panel surya. Efisiensi maksimum panel surya dengan pendinginan udara mencapai 7,8% pada temperatur permukaan 40°C. Sedangkan efisiensi termal sistem diperoleh sebesar 42,2 % dengan masa laju aliran udara dipertahankan pada 0,052 kg/s. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pendinginan udara dapat diterapkan untuk menjaga panel surya bekerja pada efisiensi terbaik.

REFERENCES

- Dubey Swapnil, Sandhu GS, Tiwari GN., Analytical expression for electrical efficiency of PV/T hybrid air collector. Appl Energy, 86:697-705, (2009).
- Garg. H.P., Adhikari. R.S., System performance Studies on Photovoltaic/Thermal (PV/T) Air HeatingCollector, Renewable Energy, 16, pp.725-730., (1999).

Infield, D, Mei, L and Eicker, U., Thermal performance estimation of ventilated PV facades. *Solar Energy*, 76(1-3): 93-98, (2004).

Joshi, A J. and Tiwari, A., Energy and exergy analysis of a hybrid photovoltaic thermal (PV/T) air collector, *Renewable Energy* 32,2223 – 2241., (2007).

Tiwari A, M.S.Sodha, Parametric study of various hybrid PV/thermal air collector: Experimental validation of

theoretical model, *Solar Energy material & Solar Cells*, 91, pp.17-28.,(2007).

Zondag, H A., de Vries, D W., van Helden, W G J., van Joling, R J C.,The yield of different combined PV-thermal collector designs, *Solar Energy* 74: 253– 269., (2003).

□TAR