

KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH TEMPERATUR PERMUKAAN PANEL SURYA TERHADAP KELUARAN DAYA

Syamsul Bahri Widodo¹, Zainal Arif², Slamet Royadi³

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

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Nopember 2015
Direvisi dari 20 November 2015
Diterima 30 November 2015

Kata Kunci:

Surya, Energi,
Panelsurya.

ABSTRAK

Penggunaan panel surya pada penyedia energi listrik rumah tangga dan lampu jalan terus meningkat. Akan tetapi panel surya juga memiliki masalah. Khususnya, pada saat tingginya penyerapan radiasi surya sehingga temperatur panel surya meningkat diatas temperatur maksimum. Akibatnya panel surya menghasilkan energi jauh lebih kecil dibanding pada kondisi dingin. Pada penelitian ini telah dibuat satu perangkat pengujian pendinginan panel surya menggunakan media udara. Panel surya yang digunakan memiliki ukuran panjang 839 mm, lebar 537 mm, dan tebal 50 mm, dengan daya output maksimum 50 W. Pada penelitian, digunakan dua panel surya, satu panel surya tanpa pendinginan dan satu panel surya dengan pendinginan menggunakan media udara. Panel surya diletakkan pada sudut kemiringan 15o, udara dialirkan pada variasi kecepatan 1-2 m/s menggunakan blower daya 3W.

Variabel yang diukur meliputi, temperatur udara masuk dan keluar panel surya, temperatur permukaan panel surya, tegangan dan arus listrik keluar panel surya, kecepatan angin sekitar panel surya, dan radiasi matahari. Penelitian dilakukan mulai pukul 09.00 -17.00. Dari hasil penelitian diperoleh, temperatur maksimum permukaan dalam panel surya tanpa pendinginan berkisar 46-49 oC, dan efisiensi listrik berkisar 6,1-6,7 %. Sedangkan untuk panel surya dengan pendinginan menggunakan media udara, temperatur maksimum permukaan hanya mencapai 42oC, dan efisiensi meningkat menjadi 7,0-7,8%. Dari penelitian ini dapat disimpulkan pendinginan menggunakan media udara mampu meningkatkan daya keluaran panel surya dan meningkatkan efisiensi listrik.

© 2015 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. Pendahuluan

Energi adalah 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 Fotovoltaik 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 panel 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

* Penulis Utama

pendinginan panel surya agar tidak mengalami penurunan tegangan akibat kenaikan temperatur, maka panas pada bagian belakang panel surya dapat diminimalisir.

Metode pendinginan yang dipilih adalah dengan aliran udara menggunakan Fan (Kipas) dan penambahan sirip-sirip pada bagian belakang panel surya untuk mengalirkan kalor, kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada Sel Surya akan melemahkan tegangan. Oleh karena itu sebagaimana yang telah dijelaskan latar belakang diatas penulis mengambil judul Proposal Tugas Akhir “Kaji Eksperimental Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Keluaran Daya”.

2. Tinjauan Literatur

2.1 Tenaga Surya

Tenaga surya secara umum dapat diartikan semua energi yang mencapai bumi yang berasal dari matahari. Energi tersebut memberikan sinar yang terang, membuat bumi ini hangat dan merupakan sumber energi bagi makhluk hidup untuk hidup. Energi matahari juga memberi manfaat langsung bagi kehidupan kita yaitu :

1. Energi panas matahari
2. Energi listrik tenaga matahari

Manfaat yang disebut pada urutan ke-dua adalah subyek dari Tugas Akhir ini. Kedua manfaat itu terlihat hampir sama namun pada kenyataannya dikumpulkan dari proses yang berbeda dan membutuhkan peralatan yang berbeda untuk mendapatkannya.

2.1.1 Energi Panas Matahari

Energi panas matahari adalah pemanfaatan tenaga panas yang dihasilkan oleh penangkapan sinar matahari. Sejak berabad-abad yang lalu telah ada upaya-upaya untuk menggunakan energi ini dalam kehidupan sehari-hari seperti untuk mengeringkan jagung, mengeringkan batu bata, mengeringkan gerabah dan untuk membuat garam dari air laut dengan menggunakan alat yang disebut bejana penguapan. Energi ini bahkan dimanfaatkan untuk memasak dengan peralatan yang disebut tungku pengumpul tenaga surya. Yang sekarang sangat dikenal dan banyak digunakan adalah peralatan pemanas air tenaga surya. (Muh. Toifur. 2007).

2.1.2 Energi Listrik Tenaga Matahari

Manfaat lain dari sinar matahari adalah energi listrik tenaga matahari. Ini lah energi yang dihasilkan dari sinar matahari yang dikonversi menjadi energi listrik menggunakan *solar cells* atau *photovoltaic cells*.

Energi surya (*solar energy*) adalah sumber energi yang melimpah-ruah adanya, bersih, bebas polusi, danm tidak akan habis sepanjang masa, merupakan ekstra terrasterial energy yang dapat dimanfaatkan melalui konversi langsung, seperti pada fotovoltaik dan secara tidak langsung melalui pusat listrik tenaga termal surya. (Pudjanarsa. dkk, 2012).

2.2 Fotovoltaik Panel (PV)



Gambar 1. Panel Surya (PV)

(Sumber : Foto Penelitian)

Photovoltaic Panels (PV) adalah alat yang terdiri dari sel-sel surya yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovoltaik. Sel surya fotovoltaik 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 fotovoltaik (*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 fotovoltaik 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 fotovoltaik, energi cahaya yang mengenai permukaan sel akan menghasilkan tegangan fotovoltaik 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).

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, menunjukkan bahwa efisiensi total sistem mengalami penurunan terhadap panjang modul akibat proses rugi-rugi sistem.

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.

Puput (2015), Melakukan penelitian dengan cara pengujian pendinginan panel surya menggunakan udara sebagai media pendingin menghasilkan efisiensi maksimum panel surya dengan pendinginan udara mencapai 7,8% pada temperatur permukaan 40°C.

Faktor dari pengoperasian sel surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung pada beberapa hal, antara lain :

a. Temperatur sel surya

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 35°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada Sel Surya akan melemahkan tegangan (V). Setiap kenaikan temperatur sel surya 10 ° Celsius (dari 25°) akan berkurang sekitar 0,4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10° C.

b. Radiasi matahari

Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi dan sangat tergantung keadaan spektrum matahari ke bumi. Pengaruh intensitas matahari memiliki pengaruh yang besar terhadap arus (I).

c. Kecepatan Angin

Kecepatan hembusan angin disekitar lokasi sel surya dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca sel surya.

d. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi seperti berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (*Rh*), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari sel surya.

e. Orientasi sel surya

Orientasi dari rangkaian sel surya ke arah matahari secara optimum adalah penting agar sel surya dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi dari sel surya juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. (Eduardo Lorenzo, 1994).

2.3 Sel Surya

Sel surya dapat berupa alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat secara langsung mengubah energi surya menjadi tenaga listrik secara efisien. Sel surya atau yang disebut juga (*Photovoltaic*) adalah piranti semikonduktor yang dapat mengubah energi matahari secara langsung menjadi energi listrik DC (arus searah) dengan menggunakan kristal Si (*silicon*) yang tipis.

Sel-sel silikon itu dipasang dengan posisi sejajar/seri dalam sebuah panel yang terbuat dari alumunium atau baja anti karat dan dilindungi oleh kaca atau plastik. Kemudian pada tiap-tiap sambungan sel itu diberi sambungan yang berbeda potensial yang menyatu disebut dengan daerah deplesi (*depletion region*). Bila sel-sel itu terkena sinar matahari maka pada sambungan itu akan mengalir arus listrik. Besarnya arus/tenaga listrik itu tergantung pada jumlah energi cahaya yang mencapai silikon itu dan luas permukaan sel itu. (Pudjanarsa.A, dkk, 2012).

Bahan semi konduktor yang paling umum dipakai dalam sel surya adalah silikon, sebuah elemen yang umum ditemukan di pasir. Semua sel surya mempunyai paling tidak dua lapisan semi konduktor seperti itu, satu bermuatan positif dan satu bermuatan negatif. Ketika cahaya bersinar pada semi konduktor, lading listrik menyeberang sambungan diantara dua lapisan menyebabkan listrik mengalir, membangkitkan arus DC.

2.3.1 Keuntungan Dan Kerugian Sel Surya

Keuntungan :

1. Cahaya matahari merupakan sumber *energy* terbarukan.
2. Tenaga matahari bebas polusi dalam penggunaannya.
3. Tidak memerlukan bahan bakar dan *maintenance*
4. Biaya Operasional sangat rendah dibandingkan teknologi pembangkit yang ada saat ini.

Kerugian :

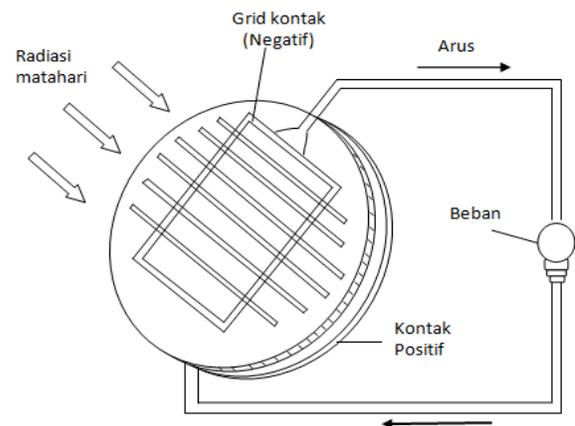
1. Listrik tenaga matahari selalu lebih mahal dibandingkan listrik yg dihasilkan oleh sumber yang lain.

2. Listrik tenaga matahari tidak dapat bekerja pada malam hari dan kurang efektif jika dalam cuaca berawan, oleh karena itu diperlukan sebuah sistem penyimpanan
3. Solar sel menghasilkan arus DC yang harus dikonversi ke AC (menggunakan inverter) dan ketika digunakan pada jalur distribusi dapat timbul rugi energy sekitar 4-12%. (Peter Soedjo,1999).

2.3.2 Cara Kerja Sel Surya

Prinsip pengkonversian tenaga surya menjadi tenaga listrik melalui panel surya dapat dilihat pada gambar 2 dan 3, yang melalui tahapan proses :

1. Absorpsi cahaya dalam semikonduktor
2. Membangkitkan serta memisahkan muatan positif dan negatif bebas ke daerah-daerah lain dari sel surya, untuk membangkitkan tegangan dalam sel surya.
3. Memindahkan muatan-muatan yang terpisah tersebut ke terminal-terminal listrik dalam bentuk aliran tenaga listrik.



Gambar 2. Sel Silikon monocrystalline

(Pudjanarsa.A, dkk, 2012)

2.3.3 Efisiensi

Panel surya, sebagaimana umumnya sebuah mesin, memiliki kemampuan menghasilkan sebuah produk/output (dalam hal ini listrik) dari bahan masukan/input (cahaya sinar matahari) melalui proses yang terjadi di dalamnya (efek fotovoltaiik). Dikarenakan banyak faktor, tidak seluruh cahaya yang diproses di dalam sel surya mampu dikonversi menjadi energi listrik.

Udara pendingin dialirkan menggunakan kipas angin (*fan*) yang memiliki daya 3W. Kecepatan udara keluar *fan* diatur pada 1-2 m/s. Dan laju aliran udara (*m*) dihitung dengan persamaan :

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

Dimana :

m = Massa laju aliran udara (kg/s)

ρ_{udara} = Massa jenis udara (m/s)

V_{udara} = Volume udara (m³)

A_s = Luas saluran masuk udara (m²)

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/°C)

T_p = Temperatur panel surya (°C)

T_r = Temperatur referensi = 25°C

Efisiensi listrik pada kondisi standar (η_o) ditentukan dari :

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

Dimana :

η_o = Efisiensi listrik pada kondisi standar (%)

V_m = Tegangan Maksimum (Volt)

I_m = Arus Maksimum (Ampere)

G = Intensitas Radiasi (W/m²)

A_p = Luas Sel Surya (m²)

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 (kJ/kg.°C)

T_o = Temperatur keluar

T_i = Temperatur masuk

G = Intensitas radiasi (W/m²)

A_p = Luas Panel surya (m²)

2.4 Sistem Pendinginan

Secara umum materi kalor meliputi perubahan suhu benda, perubahan wujud zat, faktor-faktor yang dapat mempercepat penguapan, dan banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu zat. Kalor dapat berpindah dengan tiga cara, yaitu konduksi atau hantaran, konveksi atau aliran, dan radiasi atau pancaran. Ketika temperatur sel surya melebihi dari temperature puncak (45° C) maka kalor harus dibuang untuk menjaga temperature tetap dalam kondisi ideal (35° C).

Kipas yang dipasang berfungsi untuk menghembuskan udara pada bagian belakang panel, dan penambahan sirip-sirip dimaksudkan untuk mengarahkan aliran kalor keluar, dengan demikian diharapkan temperature panel surya tidak mencapai *temperature* puncak atau dapat stabil pada *temperature* normal untuk mendapatkan efisiensi maksimal.

2.5 Pengembangan Panel Surya oleh peneliti

Pada penelitian ini telah dikembangkan satu sistem pendinginan panel surya (PV) dengan memanfaatkan udara sebagai media pendingin. Penelitian dilakukan pada kondisi iklim Kota Langsa Provinsi Aceh.

- Panel Surya system Hybrid PV-Genset

System Hybrid dapat melibatkan 2 atau lebih system pembangkit listrik, umumnya system pembangkit yang banyak digunakan untuk hybrid adalah genset, PLTS, *mikrohydro*, Tenaga Angin. Sehingga system hybrid bisa berarti PLTS-Genset, PLTS-Mikrohydro, PLTS-Tenaga Angin dst. Di indonesia system hybrid telah banyak digunakan, baik PLTS-Genset, PLTS-Mikrohydro, maupun PLTS-Tenaga Angin-Mikro Hydro. Namun demikian hybrid PLTS-Genset yang paling banyak dipakai. Umumnya digunakan pada *captive genset/isolated grid (stand alone genset)*, yakni genset yang tidak di interkoneksi).

Bill Lane (2008) dalam *Solar Tracker* menguji panel surya yang merupakan rancangan dari *Cleveland University*, merupakan salah satu tipe panel surya system hybrid PV-Genset. Tujuan dari Hybrid PV-Genset adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit

(dalam hal ini genset & PLTS) sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan system dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. Photovoltaic memerlukan investasi awal yang besar tetapi tidak memerlukan *operation & maintenance (O&M) cost*, dan lebih murah untuk jangka panjang, oleh karenanya ideal untuk mencatu *base load*, yang umumnya tidak terlalu besar.

- **Konfigurasi Hybrid PV-Genset**

Sistem Hybrid PV-Genset terdiri dari empat komponen utama, sebagai berikut:

1. Genset

Membangkitkan listrik AC, untuk sistem *hybrid* umumnya dilengkapi dengan *automatic starter*, agar nyala-mati nya genset dapat diatur otomatis dari *electronic controller*.

2. PLTS (PV)

Mengkonversi sinar matahari menjadi listrik DC. Mengingat system hybrid menggunakan modul surya (*Solar module/Solar panel*) dalam jumlah yang cukup banyak dan semuanya disambungkan baik seri maupun paralel, maka modul surya dengan kapasitas per panel yang besar (>100 Wp/panel) lebih disukai, dengan demikian dapat mengurangi kebutuhan kabel koneksi.

3. *Electronic Controller/Bi directional Inverter*

Sering juga disebut sebagai *power conditioner*. Pada hakekatnya berfungsi sebagai: (a). *Voltage conditioning* sebelum di catu ke *load*, (b). Berfungsi sebagai inverter dengan mengkonversi listrik DC yang dihasilkan solar pv sistem menjadi listrik AC yang akan dicatu ke *load*, (c). Berfungsi sebagai charger untuk mencharge battery dengan memanfaatkan kelebihan listrik dari genset, (d). Berfungsi mengatur *charging battery* dari *solar module*, (e). Mengatur dan mengelola pembangkit mana yang harus bekerja sesuai dengan kebutuhan *load*, termasuk mematikan dan menyalakan genset.

4. Battery

Berfungsi sebagai *buffer* daya untuk mengatasi *time lag* antara dihasilkannya listrik oleh pembangkit (PV ataupun genset) dengan waktu digunakannya listrik oleh *load*. Ukuran battery yang dipakai sangat tergantung pada ukuran genset, ukuran solar panel, dan *load pattern*.

- **Cara Kerja**

Terdapat beragam sistem *hybrid*, tergantung pada system design dan pilihan peralatan. Pada sistem *hybrid*

tertentu, peralihan PLTS atau genset yang dioperasikan dilakukan secara manual. Sistem ini tidak disarankan karena sangat tergantung pada ketelitian operator dalam mengamati perilaku *load*. Sistem *hybrid* yang baik dilengkapi dengan *automatic engine starter* pada gensetnya dimana mati-hidupnya genset di atur secara elektronis. Perkembangan teknologi sistem kontrol untuk *hybrid* sudah sangat baik akhir-akhir ini.

Apabila *load* dapat di catu oleh PLTS dan baterai, maka SMD akan mengkonversi listrik DC dari PLTS atau baterai menjadi listrik AC, lalu di catu ke jaringan. Apabila PLTS dan baterai tidak mampu lagi mencatu *load*, maka genset akan di nyalakan untuk membantu mencatu listrik. Tergantung pada sistem *sizing* dan sistem desainnya, hal ini berarti pada dasarnya *base load* akan dicatu oleh PLTS (dan baterai), sedangkan *peak load* akan dicatu oleh genset.

Baterai akan di isi (*charge*) oleh dua sumber, yakni PLTS pada siang hari, dan genset yang berasal dari daya berlebih (*excessive power*) pada saat genset mencatu *peak load*, yakni ketika *peak load* mulai menurun (dan genset masih menyalakan).

Perilaku *hybrid* tersebut di atas dapat di set pada SMD, dan dasar set up nya adalah pada saat penentuan sistem *sizing* dan sistem *design* berdasarkan data *load profile*. Oleh Battery Modul Surya SMD (*Solar Mains Diesel Controller, Bi-directional Inverter Jaringan Distribusi Genset* karena itu *load profile* sangat menentukan perilaku system *hybrid* dalam mencatu listrik. (Bill Lane, 2008).



Gambar 3. Panel Surya system Hybrid PV-Genset

(Bill Lane, 2008).

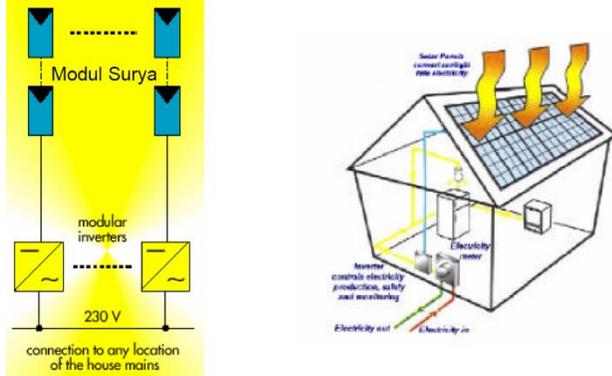
- **Panel Surya Grid interactive**

Isaac Aunkust (2007) meneliti Grid interactive yang pada dasarnya adalah menggabungkan Panel surya dengan jaringan distribusi listrik (PLN). Sebagian orang menyebutnya dengan istilah Hybrid PLTS-PLN. Perbedaan fisik mendasar dari sistem ini dengan sistem hybrid yang telah dijelaskan terdahulu adalah bahwa PLTS *grid interactive* tidak menggunakan baterai, sehingga sistem ini jauh lebih murah. Grid interactive umumnya digunakan pada jaringan interkoneksi .

Kebanyakan penggunaan Panel surya grid interactive dimotivasi oleh keinginan untuk menggunakan energy yang ramah lingkungan, dan untuk mengatasi ketidakstabilan pada tegangan (voltage sags, swells, spikes, dan noise), serta mengurangi penggunaan BBM pada sistem interkoneksi genset di wilayah pedesaan.

• **Konfigurasi System**

PLTS grid interactive hanya terdiri dari modul surya, controller, dan inverter. Peralatan ini disambungkan ke jaringan listrik PLN. Secara skematis disajikan di bawah ini:



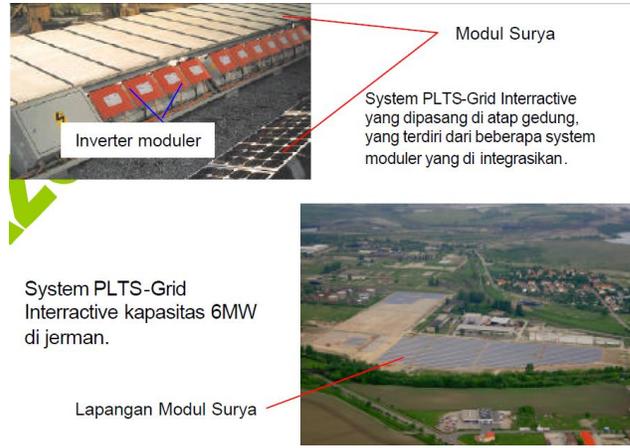
Gambar 4. Skematik PLTS Grid Interactive (Bill Lane, 2008)

• **Cara Kerja**

Selama modul surya menghasilkan listrik (pada siang hari) maka beban akan dicatu oleh PLTS. Apabila beban yang harus dicatu melebihi kemampuan PLTS, atau apabila output dari PLTS berkurang (karena cuaca), atau apabila PLTS tidak menghasilkan listrik (malam hari), maka listrik dari jaringan akan masuk membantu. Karena sistem kerja yang interaktif dengan listrik jaringan (*grid*) seperti ini, maka system ini disebut *PLTS-Grid Interactive*.

Untuk alasan keamanan, apabila listrik dari jaringan mati, maka system akan otomatis juga mematikan suplai listrik dari PLTS, hal ini untuk mencegah terjadinya "islanding". Apabila system ini di pasang di suatu rumah/gedung, maka apabila listrik yang dihasilkan oleh PLTS melebihi beban, kelebihan listrik tersebut akan masuk ke jaringan.

Range impedance, tegangan, dan frekuensi dapat di atur agar sesuai dengan perilaku listrik jaringan setempat.



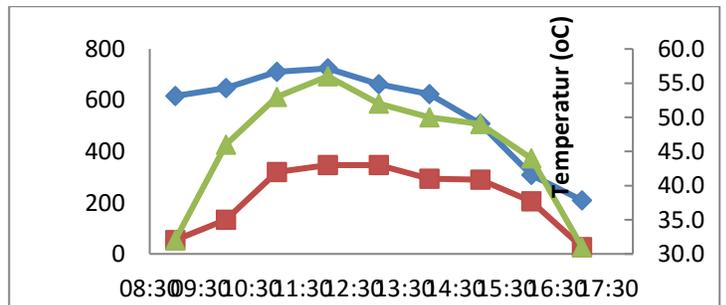
Gambar 5. PLTS Grid Interactive (Bill Lane, 2008).

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tugas akhir ini 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 09.20 hingga 17.15 WIB.

Pengujian dilakukan di lokasi lapangan terbuka dalam lingkungan Universitas Samudra, Kota Langsa Provinsi Aceh, pada tanggal 3-6 Januari 2015 mulai pukul 09.20 pagi sampai pukul 17.15.

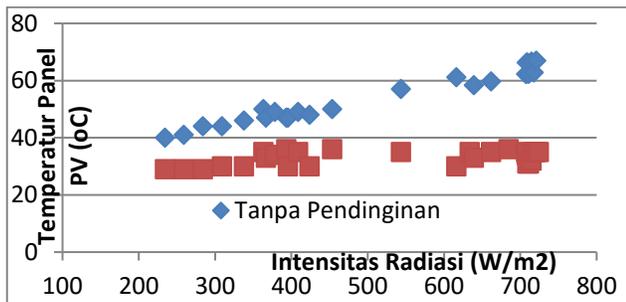
Hasil pengukuran yang dilakukan pada tanggal 4 Januari 2015, perubahan temperatur permukaan panel surya dan intensitas radiasi untuk panel surya tanpa pendinginan udara dan panel dengan pendinginan udara ditunjukkan dalam Gambar 6 dibawah ini :



Gambar 6. Hasil pengukuran perubahan temperatur permukaan panel surya dan intensitas radiasi surya.

Dari gambar 6 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 oC yang terjadi pada pukul 12.00. Sedangkan temperatur rata-ratanya pada kisaran 46-49 oC. 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 oC. Pada panel surya tanpa pendinginan kenaikan temperatur panel mencapai 24oC mulai pukul 09.20 sampai pukul 12.00, sedangkan panel surya dengan pendinginan kenaikan teperatur dalam waktu yang sama hanya 14oC. Hal ini menunjukkan perangkat uji yang telah dibuat mampu bekerja dengan baik.

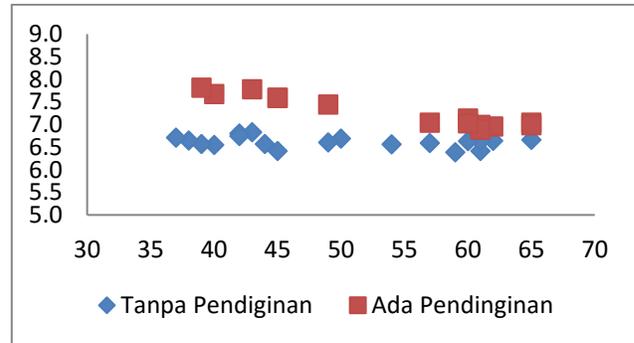
Berikuit ini Gambar 7, memperlihatkan hubungan intensitas radiasi terhadap kenaikan temperatur permukaan panel surya. Dari grafik terlihat temperatur kedua panel meningkat dengan meningkatnya radiasi surya yang diterima oleh panel surya. Untuk panel surya tanpa pendinginan, temperatur permukaan meningkat dengan cepat dibandingkan dengan panel surya yang dilengkapi dengan pendinginan udara.



Gambar 7. Hubungan temperatur permukaan panel surya dengan intensitas radiasi surya.

3.1. Hubungan efisiensi listrik dengan temperatur permukaan panel

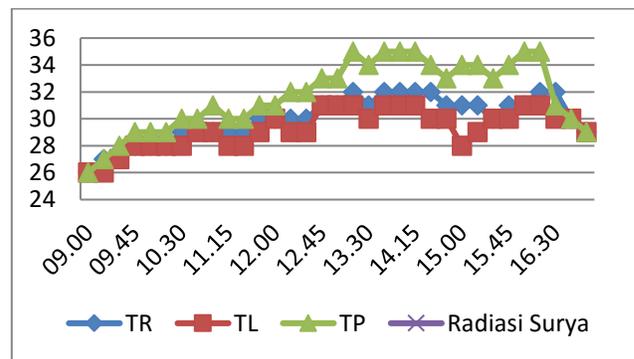
Hubungan efisiensi listrik dengan temperatur permukaan panel ditunjukkan pada grafik dibawah ini :



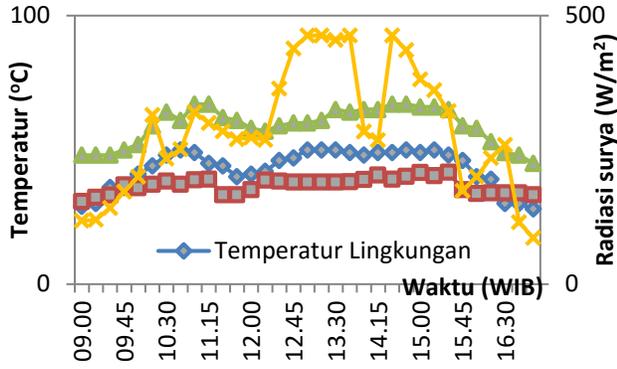
Gambar 8. Hubungan efisiensi listrik dengan temperatur permukaan panel.

Pada Gambar 8 diatas, memperlihatkan pengaruh temperatur permukaan panel surya terhadap efisiensi listrik panel surya (PV). Efisiensi listrik ditentukan menggunakan persamaan (2) dan (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.

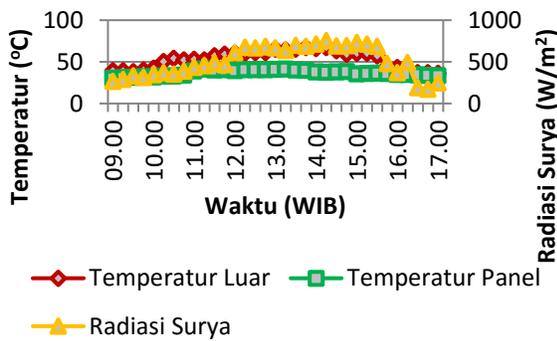
Untuk memperoleh informasi pengaruh udara pendingin, pengujian juga dilakukan pada panel surya tanpa pendingin udara, Dari grafik berikut terlihat bahwa kecenderungan grafik temperatur naik seiring dengan kenaikan radiasi surya. begitu juga temperatur luar, temperature ruangan, dan temperature panel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



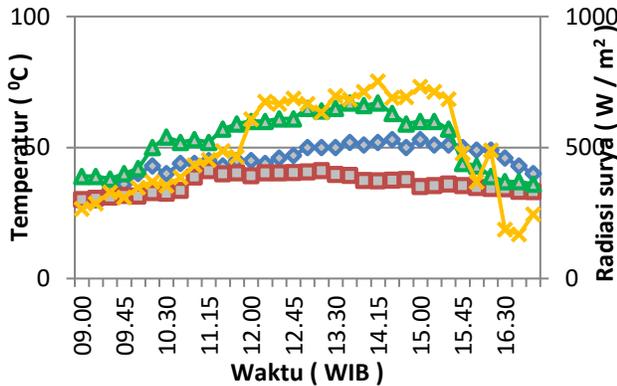
Gambar 9. Hubungan Radiasi Surya terhadap TL, TR dan TP. Data penelitian panel surya tanpa pendinginan



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



Gambar 11. Hubungan Radiasi Surya terhadap TL dan TP

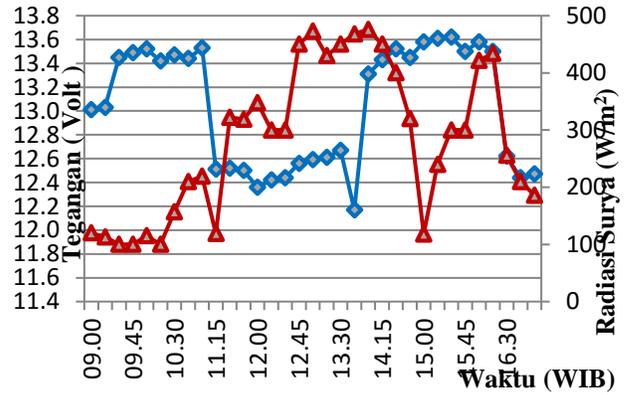


Gambar 12. Hubungan Radiasi Surya terhadap TL, TR dan TP

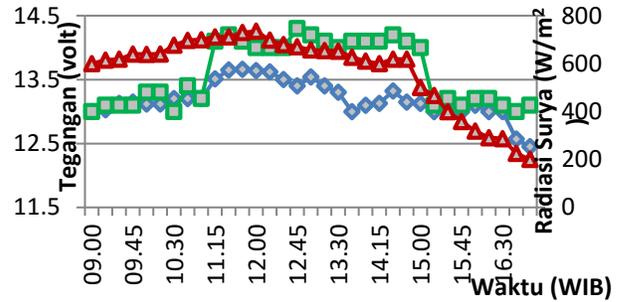
Pada grafik diatas terlihat bahwa kecenderungan grafik temperatur panel naik seiring dengan kenaikan intensitas radiasi surya. Naik Turunnya data ini disebabkan karena kenaikan intensitas cahaya tidak langsung diikuti kenaikan suhu begitu pula sebaliknya, penurunan intensitas cahaya tidak langsung diikuti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

• Pengukuran Tegangan

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 13. Grafik hubungan radiasi surya dengan tegangan

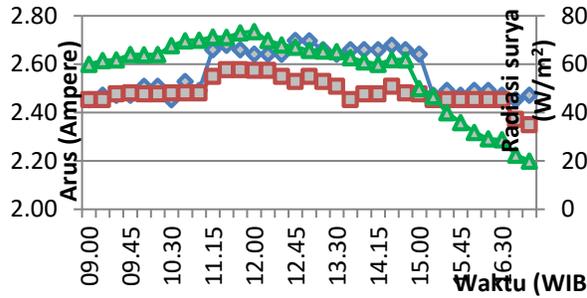


Gambar 14. Grafik perubahan tegangan panel surya terhadap radiasi surya

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.

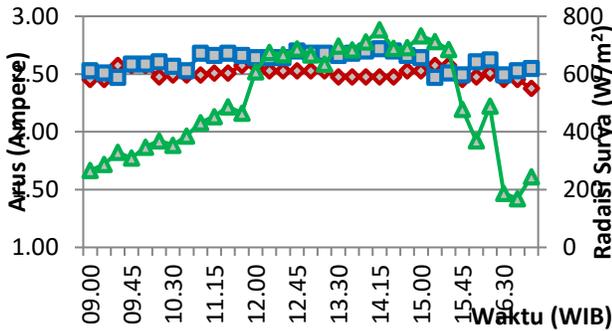
3.2. Perbandingan Arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin

Dibawah ini merupakan grafik perbandingan arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin yang didapat dari data hasil penelitian :



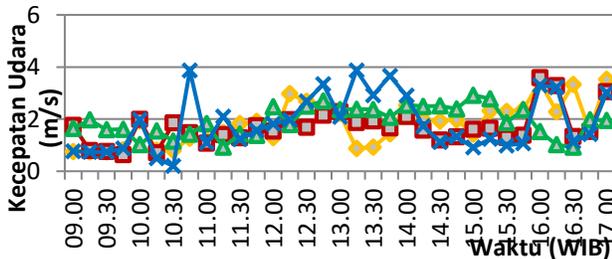
Gambar 15. Grafik Arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin

Pada gambar 15 diatas menunjukkan 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.

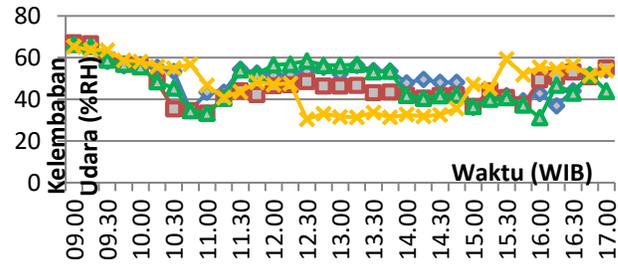


Gambar 16 Grafik Arus sel surya biasa dengan sel surya berpendingin

Dari grafik 16 tersebut didapat hasil pengukuran pada tanggal 5 Januari 2015, 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.



Gambar 17. Grafik kecepatan udara



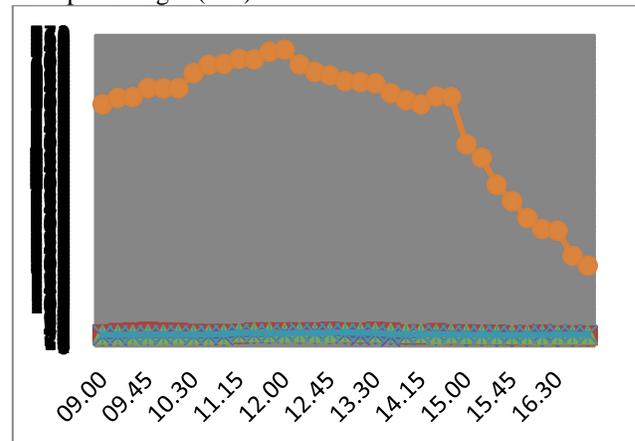
Gambar 18. Grafik kelembaban udara

Dapat dilihat bahwa kecenderungan grafik untuk semua hari menunjukkan bahwa kenaikan intensitas cahaya diikuti dengan kenaikan temperatur. Pada pengujian ini semua variabel seperti arus, tegangan, dan suhu permukaan sangat tergantung pada intensitas cahaya sehingga apabila persebaran data intensitas cahaya tidak tetap, maka variabel yang lain juga ikut tidak stabil.

3.3. Pengaruh Temperatur Panel terhadap Temperatur Ruang (T1,T2,T3,T4,T5)

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).

Perubahan naik turun nya temperature panel (TP) cenderung mempengaruhi titik-titik thermokopel pada T1, T2, T3, T4 dan T5, sedangkan temperature panel (TP) sangat berpengaruh pada naik turunnya beberapa variabel yaitu : Intensitas cahaya (Ir), Kelembaban udara (KU), dan Kecepatan angin (KA).

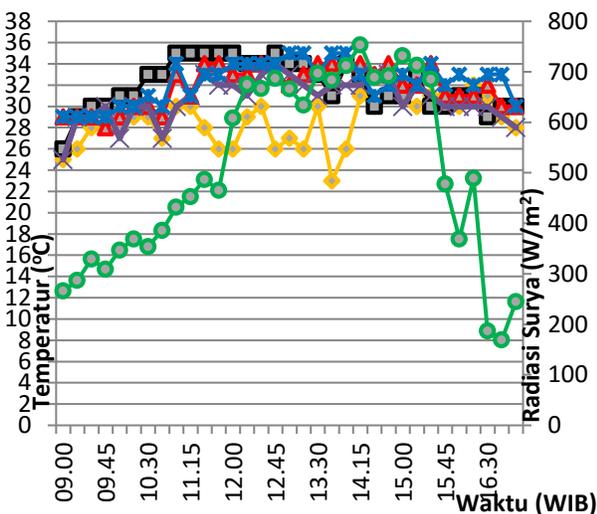


Gambar 19. Hubungan Temperatur T1, T2, T3, T4, T5 terhadap Radiasi surya

Dari gambar diatas terlihat bahwa temperature pada titik TI 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.

Perubahan temperature pada titik-titik T1,T2,T3,T4 dan T5 berhubungan dengan perubahan temperature panel (TP), ketidaketapan TP berpengaruh terhadap temperature yang didapat pada titik-titik pengukuran T1, T2, T3, T4 dan T5.



Gambar 20. Hubungan Temperatur T1, T2, T3, T4, T5 terhadap Radiasi surya

Hasil pengukuran pada gambar diatas menunjukkan perubahan-perubahan temperature titik-titik pengukuran T1, T2, T3, T4, dan T5 naik turun karena temperatur panel (TP). Sedangkan naik turunnya TP dipengaruhi oleh perubahan intensitas cahaya yang terjadi seperti: cerah, berawan, mendung dan hujan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan di PT. Ecogreen Oleochemicals Medan Plant dapat diambil beberapa 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 40oC 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.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir. Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi. Jakarta: UI-Press, 1995.
- Bill Lane, "Solar Tracker", Department of Electrical and Computer Engineering Cleveland State University Cleveland, Ohio, 2008.
- Dubey Swapnil, Sandhu GS, Tiwari GN., Analytical expression for electrical efficiency of PV/T hybrid air collector. Appl Energy, 2009.
- Eduardo Lorenzo, "Solar Electricity, Engineering of Photovoltaic Systems", Polytechnic University of Madrid, Madrid, 1994.
- Garg. H.P., Adhikari. R.S., System performance Studies on Photovoltaic/Thermal (PV/T) Air Heating Collector, Renewable Energy, 1999.
- Holman.J.P & Jaszfi.E. "Perpindahan Kalor, edisi keenam". Erlangga. Jakarta. 1988.
- Infield, D, November, L and Eicker, U., Thermal performance estimation of ventilated PV facades. Solar Energy, 2004.
- Isaac Aunkust, "A Microcontroller-Based Solar Panel Racking System", American Society for Engineering Education, 2007.
- Joshi, A J. and Tiwari, A., Energy and exergy analysis of a hybrid photovoltaic thermal (PV/T) air collector, Renewable Energy, 2007.
- Karmon Sigalingging, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya", Tarsito, Bandung, 1994.
- Muh. Toifur., "Karakteristik Sel Surya". Yogyakarta : UAD,2007.
- Peter Soedjo. Azas-azas Ilmu Fisika. Yogyakarta: FMIPA UGM, 1985.
- Pudjanarsa,A. & Nursuhud,D., "Mesin Konversi Energi", Andi Yogyakarta. 2012.
- Tiwari A, M.S.Sodha, Parametric study of various hybrid PV/thermal air collector: Experimental validation of theoretical model, Solar Energy material & Solar Cells, 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 2003.

□TAR