

ANALISA SUHU PERMUKAAN TERHADAP DAYA OUTPUT SOLAR CELL 10 WP TIPE MONOCRYSTALLINE

Viktor Fredy Abast^{1*}, H. J. R. Sumarauw², Jemmy Charles Kewas³

¹Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, *Email : viktorabast@gmail.com

^{2,3}Universitas Negeri Manado, Prodi Teknik Mesin

ABSTRAK

Sel Photovoltaic atau Sel PV merupakan suatu perangkat yang mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* dapat bekerja secara optimum dengan kondisi tertentu. Pengoperasian maksimum sel surya sangat tergantung pada temperatur panel surya, radiasi matahari, keadaan atmosfer bumi, orientasi panel surya, serta letak posisi panel surya (array) terhadap matahari (tilt angle). Pada penelitian ini yang diamati yaitu pengaruh suhu terhadap daya output *solar cell* 10 wp tipe *monocrystalline*, *solar cell* yang dipakai untuk penelitian memiliki daya output maksimal sebesar 17.82 Volt penelitian dilakukan di tondano selatan dengan suhu minimum antara 16,1°C dan 18,7°C, suhu maksimum berkisar antara 28,6° dan 30,4°C dan memiliki kelembaban udara berkisar antara 84% dan 93%. Tekanan udara antara 940,0 dan 941,5 mb dengan kecepatan angin antara 1 dan 5,4 knot . Untuk mengukur suhu permukaan *solar cell* pada penelitian ini memakai Thermometer digital dan untuk daya output memakai Wattmeter. Pada penelitian ini menggunakan sudut kemiringan sebesar 2° dengan 4 arah kemiringan yaitu lintang selatan (LS), lintang utara (LU), lintang timur (LT), dan lintang barat (LB). Hasil penelitian menunjukkan suhu permukaan *solar cell* bekerja efektif berkisar pada angka 40-48°C dengan daya output mencapai angka 14 Volt, pada sudut kemiringan yang efektif yaitu pada 2° LS. Suhu permukaan yang dihasilkan sebesar 45.3°C dengan daya output 14.98 Volt kemudian juga suhu permukaan meningkat sebesar 52.7°C dengan daya output sebesar 13.04 Volt, sehingga selisih daya mencapai 1.94 Volt, hal ini terjadi karena tahanan pada *solar Cell* yang dimana pada ketahanan *solar cell* ada beberapa indikator yaitu ketahanan shunt dan tahanan seri, tahanan shunt (Rsh) muncul dari ketidak sempurnaan pada permukaan perangkat dan dalam jumlah besar serta dari arus bocor di tepi sel. Ini merupakan jalur parallel konduktivitas di persimpangan p-n dan mengurangi efisiensi sel dengan meningkatkan arus bocor yang menurunkan daya keluaran maksimum (Pm), tegangan sirkuit terbuka (Voc), dan faktor kurva (CF). ada beberapa mekanisme fisik yang bertanggung jawab atas tahanan seri, dimana contributor 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 parasite, yang mempengaruhi karakteristik arus-tegangan (I-V) dan efisiensi sel. Nilai tahanan seri (Rs) yang sangat tinggi dan nilai tahanan shunt (Rsh) yang sangat rendah masing-masing mengurangi kepadatan arus hubung singkat (Isc) dan voltase sirkuit terbuka (Voc). Pengaruh tahanan seri dan shunt pada fill factor dan efisiensi panel surya adalah menurunkan fill factor (FF) dan menurunkan efisiensi.

Kata Kunci: Temperatur, Solar Cell 10 WP, Monocrystalline, Daya Output

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber energi pada saat ini sangat mendesak dibutuhkan berbagai macam produk yang mendukung kinerja dari manusia saat ini semuanya menggunakan tenaga listrik. Pada saat ini semakin banyak dikembangkan sumber tenaga atau sumber energi alternative. Salah satunya adalah menggunakan tenaga matahari. Pemanfaatan energi matahari digunakan untuk mengkonversikan energi (sel surya)

menjadi energi listrik, yang dirancang menjadi panel surya. Panel surya dibangun modul-modul solar sel yang dapat menyerap energi matahari dan merubahnya menjadi sumber listrik atau energi yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Mira Martawi, 2018).

Deny Suryana dan M. Marhaendra Ali (2016), menjelaskan pada penelitian mereka bahwa tegangan listrik yang dihasilkan oleh suatu panel surya tidak hanya tergantung pada besarnya intensitas radiasi yang

diterimanya, namun kenaikan temperature pada permukaan panel surya juga dapat menurunkan besar tegangan listrik tersebut, dimana pada bulan September dengan suhu sekitar 27°C tegangan yang dihasilkan 19,33 Volt. Perubahan temperatur pada panel surya selain disebabkan oleh temperature lingkungan sekitar, juga disebabkan oleh bahan silicon sel-sel surya yang mampu menyerap energi foton sekaligus panas dari radiasi matahari.

Haris Isyanto dkk (2017), menjelaskan pada penelitiannya mengenai peningkatan efisiensi modul surya dengan metode pendinginan menjelaskan bahwa secara keseluruhan, ketika suhu mengalami penurunan, VOC, VMP dan daya maksimum mengalami kenaikan. Seiring dengan kenaikan suhu sebesar 40oC, VMP dan VOC masing-masing adalah 17.5 V dan 22 V dan daya maksimum adalah 10 W, ketika suhu turun ke 20 V, VMP dan VOC naik ke 20 V dan 24 V.

Suhu permukaan solar cell juga berpengaruh pada daya output , Untuk itu perlu dilakukan penelitian analisa suhu terhadap daya output solar cell 10 Wp tipe monocrystalline yang bertujuan untuk mengetahui suhu permukaan dan daya output yang optimal di tondano selatan.

Kabupaten Minahasa Kecamatan Tondano Selatan, Kabupaten Minahasa beriklim tropis basah hanya mengenal dua musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan, ini dipengaruhi oleh angin muson, pada bulan November – April dipengaruhi oleh angin barat yang membawa hujan. Angka curah hujan berkisar antara 40,2 dan 335,4 mm, dengan jumlah hari hujan antara 7 dan 28 hari. Sedangkan suhu minimum antara 16,1°C dan 18,7°C, suhu maksimum berkisar antara 28,6° dan 30,4°C dan memiliki kelembaban udara berkisar antara 84% dan 93%. Tekanan udara antara 940,0 dan 941,5 mb dengan kecepatan angin antara 1 dan 5,4 knot, dan kabupaten ini memiliki ketinggian 500-1000 meter di atas permukaan laut

Berdasarkan latar belakang sebelumnya maka dapat diidentifikasi masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Energi fosil produksinya semakin lama akan semakin menurun atau habis sehingga harganya semakin lama semakin meningkat sehingga menyebabkan biaya produksi dan rumah tangga meningkat
2. Masi kurangnya pemanfaatan energy terbarukan dlam hal ini energy surya untuk keperluan produksi rumah tangga
3. Intensitas cahaya matahari mempengaruhi temperatur permukaan solar cell
4. Naiknya temperatur permukaan solar cell mempengaruhi daya output
5. Tata etak solar cell mempengaruhi daya output

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh suhu permukaan panel surya terhadap daya output solar cell 10 wp tipe monocrystallin?

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh suhu permukaan panel surya terhadap daya output solar cell 10 wp tipe monocrystallin?

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Panel surya yang digunakan tipe monocrystallin
- 2 . Panel surya berkapasitas 10 wp
3. Waktu penelitian dari pukul 10.00 – 15.00 wita berlokasi di Tondano

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Radiasi Surya

Bumi merupakan satu-satunya planet dari sistem tata surya yang mendapatkan jumlah radiasi matahari optimal. Radiasi matahari yang berupa ultraviolet akan diserap oleh lapisan ozon. Radiasi matahari yang diteruskan lebih jauh oleh atmosfer bumi akan mengalami proses pemantulan, pembiasan dan hamburan oleh molekul, aerosol, dan awan (Mani A, 2008).

Matahari merupakan jenis bintang yang letaknya terdekat dengan bumi dengan jarak rata-rata 149.680.000 kilometer (93.026.724 mil). Matahari merupakan suatu bintang yang memberikan kehidupan di bumi dengan segala bentuk energi yang diberikan (Utomo H. S, 2016).

Energi radiasi matahari merupakan hasil dari reaksi thermonuklir yang terjadi di matahari. Energi yang dipancarkan oleh matahari meliputi semua panjang gelombang, dari gelombang alpha (α) hingga gelombang radio. ketika melewati atmosfer bumi, sebagian dari radiasi gelombang pendek akan diserap oleh partikel-partikel di atmosfer sehingga suhunya meningkat dan memancarkan radiasi gelombang panjang yang juga akan sampai ke permukaan bumi. Selanjutnya sebagian dari gelombang pendek yang sampai di permukaan bumi akan diserap menyebabkan suhu permukaan bumi meningkat dan memancarkan gelombang termal ke luar angkasa. Dengan demikian, pada lapisan terluar atmosfer terkandung komponen-komponen radiasi gelombang pendek, radiasi gelombang panjang dari atmosfer, dan radiasi gelombang panjang dari permukaan bumi (Haen & Isril, 2006).

B. Photovoltaic (Sel Surya)

a. Efek Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah cara atau suatu sistem untuk mentranfer atau mengkonversikan energi cahaya atau energi radiasi matahari menjadi energi listrik yang menggunakan prinsip efek Photovoltaic. Efek Photovoltaic pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839 yang berbunyi sebagai berikut, Efek Photovoltaic adalah fenomena dimana suatu sel photovoltaic dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek

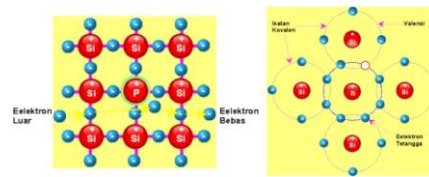
photovoltaic didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya *voltase* listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat di-expose di bawah energi cahaya (Gultom, 2015).

Radiasi cahaya terdiri dari biasan-biasan *foton* memiliki panjang gelombang dan spektrum cahaya yang berbeda-beda antara satu dengan yang lain yang dipengaruhi oleh tingkat energi yang dibangkitkan. Pada kondisi tertentu saat *foton* mengenai permukaan suatu sel PV, maka energi *foton* akan dibiaskan, diserap dan diteruskan menembus sel PV yang kemudian akan memicu timbulnya energi listrik. *Photovoltaic* menggunakan proses konversi langsung dari cahaya atau (energi elektromagnetik) menjadi aliran listrik dengan menggunakan sel surya. Energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya selain dipengaruhi oleh intensitas surya juga oleh efisiensinya. Secara teoritis, efisiensi yang dapat dicapai oleh sel surya maksimal sekitar 30 – 40% tergantung pada tipe dan konstruksinya, namun umumnya hanya mencapai efisiensi antara 7 – 17%. Atas dasar efisiensi tersebut, pengendalian posisi dari panel PV (yang merupakan kumpulan dari modul sel PV) menjadi penting agar intensitas matahari dapat diserap secara optimal. Sistem yang diterapkan disebut sistem *tracking* matahari (*Sun Tracking System*) (Ashfahani, 2008).

Sistem *tracking* cahaya matahari adalah sebuah kesatuan komponen atau elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mengontrol posisi alat sistem tracking dengan tujuan mengusahakan permukaan modul *solar cell* selalu menghadap arah datangnya cahaya matahari (Tudorache, T., & Kreindler, L., 2010)

C. Semikonduktor Tipe P dan Tipe N

Pn-junction adalah gabungan/lapisan semikonduktor jenis p dan n yang diperoleh dengan cara doping pada silikon murni. Pada semikonduktor jenis p, terbentuk hole (pembawa muatan listrik positif) yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan jumlah elektronnya, sehingga hole merupakan pembawa muatan mayoritas, sedangkan elektron merupakan pembawa muatan minoritas. Demikian pula sebaliknya dengan semikonduktor jenis n. Bila bagian p dari pn-junction dihubungkan dengan kutub positif baterai dan bagian n dihubungkan dengan kutub negatif baterai, maka arus dapat mengalir melewati pn-junction. Kondisi ini disebut sebagai panjar maju. Bila hal sebaliknya dilakukan (panjar mundur), yaitu bagian n dari pn-junction dihubungkan dengan kutub positif baterai dan bagian p dihubungkan dengan kutub negatif baterai, maka arus tidak dapat mengalir melewati pn-junction. Akan tetapi, masih ada arus dalam ukuran sangat kecil yang masih dapat mengalir (dalam ukuran mikroamper) yang disebut dengan arus bocor (Putra, S., dan Rangkuti, Ch., 2016).

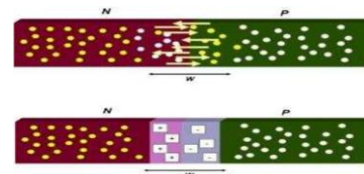


(a)Phosporus

(b) Boron

Gambar 1. Ilustrasi struktur 2 dimensi kristal dengan bahan pengotor

Sumber : Rugianto, 2013



Gambar 2. Ilustrasi p-n junction

Sumber : Yusmiati, E. Sri, 2014

Semikonduktor ekstrinsik memiliki 2 tipe, yaitu semikonduktor tipe-N dan semikonduktor tipe-P (Yusmiati, E. Sri, 2014). semikonduktor ekstrinsik merupakan semikonduktor yang terdapat bahan pengotor didalamnya. Bahan pengotor dapat berupa atom-atom dari kolom ketiga (*Trivalent*) atau kolom kelima (*Pentavalent*) yang ditambahkan kedalam bahan silikon (Si) murni maupun germanium (Ge) murni (Rugianto, 2013).

Berdasarkan bahan pengotor yang ditambahkan, semikonduktor ekstrinsik (semikonduktor yang telah *didoping*) dikelompokkan menjadi 2 jenis, yaitu semikonduktor tipe-N dan tipe-P. Semikonduktor tipe-N contohnya adalah bahan silikon yang diberi pengotor Phosporus yaitu bahan yang pentavalent (memiliki electron valensi 5). Dengan demikian silikon murni menjadi tidak murni/*impurity semiconductor* akan memiliki kelebihan electron.

Oleh karena itu, semikonduktor tipe-N disebut juga sebagai semikonduktor donor yang siap melepaskan electron (gambar-1a). Sedangkan semikonduktor tipe-P contohnya adalah bahan silikon yang diberi pengotor Boron, Gallium atau Indium yaitu bahan yang trivalent (memiliki electron valensi 3). Karena ion silikon memiliki 4 elektron, dengan demikian akan terdapat lubang *hole* karena kekurangan electron. Lubang atau yang dapat dianalogikan sebagai acceptor yang siap menerima electron (gambar-1b). Dengan demikian kekurangan electron ini menyebabkan semikonduktor tersebut menjadi tipe-P (Rugianto, 2013).

Sambungan bahan semikonduktor tipe-N (negative) dengan tipe-P (positive) disebut p-n junction yang dimana bila dikenai sinar matahari akan menghasilkan efek *photovoltaic* yang dapat mengubah

energi dari sinar matahari menjadi energi listrik yang terjadi akibat perpindahan elektron dan hole (gambar-2). Silikon jenis-P pada sel surya merupakan lapisan permukaan yang sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Sebagai terminal keluaran positive, bagian P ini diberi lapisan Nikel yang berbentuk cincin. Dibawah bagian P, terdapat bagian jenis_N yang dilapisi nikel juga sebagai terminal keluaran negatifnya (Yusmiati, E. Sri, 2014)

D. Shading

Shading adalah dimana salah satu atau lebih sel silikon dari solar cell panel tertutup dari pancaran sinar matahari. *Shading/ teduh/ bayangan* PLTS biasanya dihasilkan dari susunan Array yang terdiri atas beberapa panel surya yang dihubungkan secara seri dan/atau paralel untuk menghasilkan daya yang diinginkan. Satu sel silikon menghasilkan tegangan lebih kurang 0,6 Volt. *Shading* adalah kondisi dimana salah satu atau lebih sel silikon dari panel surya tertutup dari sinar matahari sehingga tensiangannya lebih rendah dari yang lainnya. Pada keadaan ini, sel tersebut akan menjadi beban dari sel lainnya yang berfungsi normal. *Shading* akan mengurangi daya keluaran dari panel surya secara signifikan. Beberapa jenis PV modul sangat terpengaruh oleh *shading* dibandingkan yang lain. Untuk mengurangi dampak hal tersebut, setiap panel surya harus dipasang bypass diodes, sehingga sel/panel yang bermasalah akan secara otomatis terlepas dari array. Bayangan pada array yang terjadi disiang hari akan mempengaruhi daya keluaran. Analisa rinci pada setiap terjadinya bayangan pada array diharapkan dapat dilakukan untuk menghindari terjadinya bayangan pada array. Efek bayangan dapat mengurangi radiasi matahari dan berakibat pada penurunan energi yang dihasilkan oleh sistem. Namun, ketika bayangan hanya terjadi di sebagian array, maka akan ada pengurangan tegangan maksimum. Sehingga, pengurangan pada energi maksimum akan terjadi pada array. Mempertimbangkan area yang ditempati oleh modul tanaman PV, bagian dari mereka (satu atau lebih sel) dapat ditutupi oleh pohon, daun tumbang, cerobong asap, awan atau oleh panel PV diinstal di dekatnya. Dalam kasus bayangan, sel PV terdiri dari persimpangan P-N berhenti menghasilkan energi dan menjadi pasif beban. Sel ini berperilaku sebagai dioda yang memblokir saat ini diproduksi oleh sel-sel lain yang terhubung secara seri dengan demikian membahayakan seluruh produksi modul. Apalagi dioda tunduk pada tegangan yang lain Selsel yang dapat menyebabkan perforasi persimpangan karena terlalu panas lokal (hot spot) dan kerusakan pada modul. Untuk menghindari itu satu atau lebih sel yang diarsir menggagalkan produksi seluruh string, beberapa dioda yang by-pass bagian modul yang teduh atau rusak dimasukkan pada tingkat modul. Dengan demikian

fungsi modul adalah dijamin walaupun dengan efisiensi berkurang (Purwanto Dkk, 2020).

E. Pengaruh suhu permukaan panel surya

Modul/panel surya merupakan media pengkonversi energi foton matahari menjadi energi listrik, dimana penggunaannya selalu terpapar cuaca langsung. Kondisi lingkungan akan selalu berubah, seperti intensitas radiasi matahari yang fluktuatif, iklim, kecepatan angin dan cuaca. Faktor kondisi lingkungan tersebut tentunya akan berpengaruh terhadap perubahan temperatur permukaan panel, yang pada akhirnya juga akan mempengaruhi daya yang dibangkitkan oleh sel surya tersebut. Pada kondisi rentang temperatur <56°C, daya keluaran akan meningkat seiring dengan kenaikan temperatur permukaan sel surya. Sedangkan dalam kondisi nyata terdapat fluktuasi daya keluaran sel surya dikarenakan faktor lingkungan (Rizali, M & Irwandy, 2015).

Tegangan listrik yang dihasilkan oleh suatu panel surya tidak hanya tergantung kepada besarnya intensitas radiasi yang diterimanya, namun kenaikan temperatur pada permukaan panel surya juga dapat menurunkan besar tegangan listrik (Suryana D. & Ali. M.M, 2016).

Efisiensi konversi panel berkurang dengan meningkatnya permukaan suhu panel. Fenomena ini dikarenakan adanya pengurangan tegangan dan FF terhadap peningkatan temperatur panel. Daya keluaran panel surya juga dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, dari pengukuran eksperimental untuk tiga panel surya yang berbeda (monokristal, polikristal dan *copper indium gallium selenide*) diperoleh bahwa performansi panel surya akan menurun terhadap kenaikan temperatur lingkungan (Aish, 2015). Pada daerah tropis terdapat pengurangan daya pada Instalasi panel yang signifikan sebesar 0,5% setiap peningkatan suhu permukaan panel 1 °C (Ya'acob *et.al*, 2014).

Salah satu faktor yang mempengaruhi unjuk kerja (*performance*) suatu modul/panel surya adalah temperatur/suhu panel. Sedangkan yang mempengaruhi temperatur panel surya adalah : Temperatur lingkungan (*ambient temperature*), Koefisien temperatur (*Temperature Coefficient*), Kecepatan angin (*wind velocity*), dan Tipe instalasi panel surya. 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. Panel surya terbuat dari silikon kristalin, itulah sebabnya semakin tinggi suhunya, semakin rendah kinerjanya. Ini adalah sifat intrinsik silikon dalam panel fotovoltaik, daya berkurang karena tegangan sel berkurang. Ini terjadi meskipun arus yang diproduksi meningkat.

Koefisien temperatur di definisikan sebagai laju perubahan parameter terhadap perubahan temperatur. Daya dari panel surya akan mengalami penurunan terhadap kenaikan temperatur. Parameter koefisien temperatur yang dimaksudkan dapat berupa koefisien temperatur dari arus, tegangan, dan daya. Harga koefisien temperatur daya dan tegangan bernilai negatif (-) hal ini menunjukkan bahwa kenaikan temperatur panel akan menyebabkan penurunan parameter (V-P) panel surya, akan tetapi sebaliknya koefisien temperature arus bernilai positif (+) (Duffie, 2013).

F. Kemiringan Panel Surya

Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel surya maka pada perancangan sistem dibutuhkan sudut kemiringan panel yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari yang paling tinggi. Sudut yang mempengaruhi pemasangan panel surya pada instalasi ada 2 macam yaitu sudut kemiringan panel surya terhadap bidang horisontal atau disebut juga dengan slope dan sudut yang diukur searah dengan acuan arah selatan yang disebut dengan sudut azimuth. Ada juga beberapa parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja dari sel surya, diantaranya, perubahan temperatur, intensitas radiasi matahari, tertutupnya sebagian permukaan sel surya (bayangan) (Samsurizal dkk, 2018).

Kemiringan panel surya di setiap wilayah berbeda-beda, hal itu di karenakan posisi matahari yang berubah, untuk mengetahui kemiringan panel surya yang efektif sesuai wilayah, dapat dilihat pada global solar atlas, seperti pada table berikut :



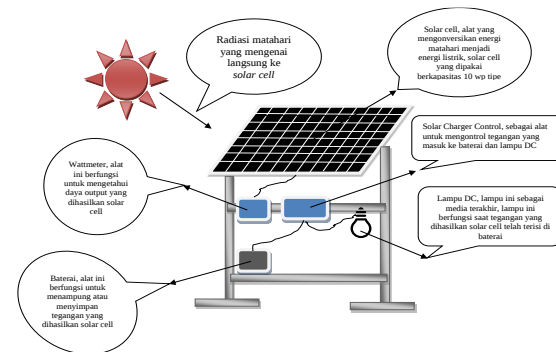
Gambar. 3 Average Hourly Profiles Di Tondano
Sumber : Global Solar Atlas

III. METODOLOGI PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen semu (quasi experiment). Penelitian

eksperimen semu dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan *treatment*/perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian guna membangkitkan suatu kejadian/keadaan yang akan di teliti sebagai mana akibatnya (Jaedun A, 2011). Dalam pembahasan ini objek yang diamati adalah daya yang dihasilkan panel surya.

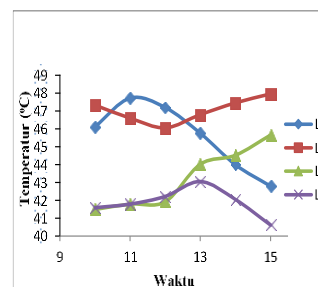
Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: Solar cell 10 wp tipe Monocrystalline, multimeter, thermometer, solar charger control, wattmeter, inclinometer, baterai, lampu DC, kabel, penyangga, dan alat tulis menulis.



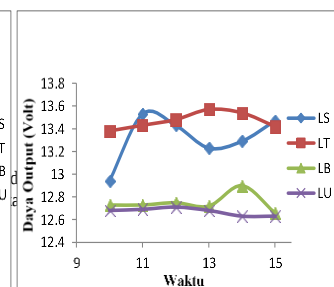
Gambar 4. Sketsa alat penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hubungan antara sudut dan arah kemiringan terhadap suhu permukaan dan daya output solar cell 10 Wp Tipe Monocrystalline di Tondano



Gambar 5. Grafik hubungan antara sudut arah kemiringan terhadap suhu permukaan solar cell



Gambar 6. Grafik hubungan antara sudut dan arah kemiringan terhadap daya output

Pada gambar 5 dan gambar 6 di atas adalah hubungan antara sudut dan arah kemiringan terhadap suhu permukaan dan daya output solar cell 10 Wp tipe *monocrystalline*, sudut yang dipakai adalah 2° dengan arah kemiringan yaitu pada arah lintang selatan (LS), lintang timur (LT), lintang barat (LB), dan lintang utara (LU).

Pada 2° LS pukul 10.00 WITA menghasilkan suhu permukaan sebesar 46.13°C dengan daya output

12.94 Volt, kemudian pukul 11.00 suhu permukaan naik sebesar 47.73°C dengan daya output 13.53 Volt, setelah itu pukul 12.00 suhu permukaan sebesar 47.2°C dengan daya output 13.43 Volt, pada pukul 13.00 suhu permukaan menurun sebesar 45.76°C dengan daya output 13.23 Volt, begitu juga pada pukul 14.00 suhu permukaan semakin menurun sebesar 44.0°C dengan daya output 13.29 Volt, dan pada pukul 15.00 suhu permukaan mencapai 42.8°C dengan daya output 13.47 Volt. Pada pukul 13.00 – 15.00 terjadi sedikit penurunan suhu permukaan tapi masih angka normal yang dimana tidak terlalu berpengaruh besar pada daya output, penurunan suhu permukaan tersebut terjadi karena saat pengambilan data posisi matahari terhadang dengan awan atau bayangan (*Shading*) yang menyebabkan perubahan suhu pada permukaan *solar cell*, *Shading* terjadi karena radiasi matahari yang akan diterima oleh *solar cell* terhalang oleh sesuatu dan mempengaruhi kinerja *solar cell*.

Pada hari ke-2 dan ke-3 pengambilan data 2° LS, daya output yang dihasilkan berbedah dengan hari pertama, pada hari pertama daya output yang dihasilkan berkisar pada angka 14 Volt sedangkan pada hari ke-2 dan ke-3 daya output berkisar pada angka 12 Volt, hal ini disebabkan karena cuaca pada hari ke-2 dan ke-3 sangat berawan dan hal ini sangat berpengaruh pada kinerja *solar cell*, karena *solar cell* yang dipakai yaitu tipe *monocrystalline* dimana *solar cell* jenis ini mempunyai kelemahan jika kurangnya sinar matahari yang diterima lalu akan mengakibatkan kestabilan dayanya menurun pada saat cuaca berawan.

Intensitas cahaya berbanding lurus terhadap daya yang dihasilkan, semakin besar intensitas cahaya maka daya yang dihasilkan semakin besar juga dan juga sebaliknya jika intensitas cahaya semakin kecil maka daya yang dihasilkan semakin kecil juga. Besarnya intensitas meningkat secara terus menerus terjadi pada pengambilan data di hari pertama pada sudut kemiringan 2° LS, seiring meningkatnya besar intensitas cahaya tersebut daya yang dihasilkan oleh *solar cell* juga mengalami peningkatan dimana suhu permukaan sebesar 45.3°C dengan daya output 14.98 Volt, saat intensitas cahaya menurun pada hari ke-2 dan hari ke-3 pengambilan data, yang dimana suhu permukaan sebesar 35.2°C dengan daya outputnya 12.60 Volt.

Pada 2° LT pukul 10.00 menghasilkan suhu permukaan sebesar 47.33°C dengan daya output 13.38 Volt, kemudian pukul 11.00 suhu permukaan sebesar 46.6°C dengan daya output 13.43 Volt, setelah itu pukul 12.00 suhu permukaan sebesar 46.06°C dengan daya output 13.48 Volt, pada pukul 13.00 suhu permukaan sebesar 46.8°C dengan daya output 13.57 Volt, kemudian pukul 14.00 suhu permukaan sebesar 47.46°C dengan daya output 13.54 Volt, dan pada

pukul 15.00 suhu permukaan mencapai 47.96°C dengan daya output 13.42 Volt. Pada posisi ini suhu permukaan yang dihasilkan masih dalam angka yang efektif untuk *solar cell* tipe *monocrystalline* 10 Wp tapi untuk daya output masih belum mencapai angka yang efektif, ini dikarenakan posisi 2° LT bukan posisi yang efektif untuk daerah Tondano menurut *Global Solar Atlas*.

Pada 2° LB pukul 10.00 menghasilkan suhu permukaan sebesar 41.5°C dengan daya output 12.73 Volt, kemudian pukul 11.00 suhu permukaan sebesar 41.8°C dengan daya output 12.73 Volt, setelah itu pukul 12.00 suhu permukaan sebesar 41.93°C dengan daya output 12.75 Volt, pada pukul 13.00 suhu permukaan sebesar 44.03°C dengan daya output 12.72 Volt, kemudian pukul 14.00 suhu permukaan sebesar 44.53°C dengan daya output 12.90 Volt, dan pada pukul 15.00 suhu permukaan mencapai 45.66°C dengan daya output 12.66 Volt. Pada posisi ini suhu permukaan *solar cell* perjam naik dan daya output yang kurang efektif yaitu pada angka 12 Volt hal ini disebabkan karena kurangnya intensitas cahaya yang diterima oleh *solar cell* atau insulasi sinar yang diterima panel surya pada posisi ini tidak maksimal penyerapannya.

Pada 2° LU pukul 10.00 menghasilkan suhu permukaan sebesar 41.6°C dengan daya output 12.68 Volt, kemudian pukul 11.00 suhu permukaan sebesar 41.8°C dengan daya output 12.69 Volt, setelah itu pukul 12.00 suhu permukaan sebesar 42.23°C dengan daya output 12.71 Volt, pada pukul 13.00 suhu permukaan sebesar 43.06°C dengan daya output 12.68 Volt, kemudian pukul 14.00 suhu permukaan sebesar 42.06°C dengan daya output 12.63 Volt, dan pada pukul 15.00 suhu permukaan mencapai 40.63°C dengan daya output 12.63 Volt. Pada posisi ini sama seperti posisi LB yang dimana posisi tidak efektif karena intensitas cahaya yang diterima kurang sehingga daya outputnya tidak efektif.

B. Pembahasan Analisa Suhu Permukaan Terhadap Daya Output Solar Cell

Pada hasil penelitian sudut kemiringan 2° lintang selatan sesuai data yang didapatkan dari suhu terendah hingga yang tertinggi yaitu pada suhu permukaan 45.3°C dengan daya output sebesar 14.98 Volt diwaktu keadaan cuaca yang sangat bagus (cerah) dan suhu permukaan sebesar 52.7°C dengan daya output sebesar 13.04 Volt diwaktu keadaan cuaca yang sangat bagus (cerah), bisa dilihat dimana ada perbedaan yang signifikan. Dimana suhu permukaan sangat berpengaruh pada daya output.

Semakin tinggi suhu permukaan *Solar Cell* akan menurunkan daya output atau tegangan pada *Solar Cell* hal ini terjadi karena ketahanan pada *solar cell* yang dimana pada ketahanan *solar cell* ada

beberapa indikator yaitu ketahanan shunt dan ketahanan seri, tahanan shunt (R_{sh}) muncul dari ketidak sempurnaan pada permukaan perangkat dan dalam jumlah besar serta dari arus bocor di tepi sel. Ini merupakan jalur parallel 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 contributor 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 parasite, 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 surya adalah menurunkan fill factor (FF) dan menurunkan efisiensi (Tarigan, A. D., & Hamdani, H, 2020)

V. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu, Suhu permukaan *solar cell* yang stabil bekerja pada angka 45.3°C dengan daya output di angka 14.98 Volt, dan suhu tertinggi yang di dapatkan mencapai 52.7°C dengan daya output 13.04 Volt, suhu permukaan panel surya tersebut bisa juga akan lebih tinggi atau naik sehingga akan menurunkan daya output pada *solar cell* di tondano selatan.

REFERENSI

- Aish Q.M. 2015. Temperature Effect on Photovoltaic Modules Power Drop. Al-Khwarizmi Engineering Journal, Vol. 11, No. 2, P.P. 62-73.
- Ashfahani, Adnan Syarafi dkk. 2008. Aplikasi Kontrol Logika Fuzzy Pada Sistem Tracking Matahari (Sun Tracking System) Panel Photovoltaic . Fakultas Teknik: Universitas Gadjah Mada (SNATI 2008).
- Deny suryana dan M. Marhaendra ali, 2016., Pengaruh temperatur/suhu terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya jenis monokristalin., (Studi kasus: baristand industri surabaya), Jurnal teknologi proses dan inovasi industri, vol. 2, no. 1, Kementerian perindustrian
- baristand industri surabaya, Indonesia
- Duffie, JA & Beckman, W.A. 2013. *Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition. John Wiley and Sons Inc, New York, John Wiley and Sons, pp. 757.*
- Gultom, T. T. (2015). Pemanfaatan photovoltaic sebagai pembangkit listrik tenaga surya. *J. Mudira Indure, 1*(3), 33-42.
- Haen, Isril. Pemetaan Radiasi Surya Langsung dan Radiasi Surya Baur untuk Wilayah Indonesia serta Validasi Peta Radiasi Surya. Laporan Akhir Kumulatif Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK Riset Kompetitif LIPI Tahun Anggaran 2006.
- Haris isyanto, Budiyanto, Fadliandi, Prian Gagani, 2017., Pendingin untuk peningkatan daya keluaran panel surya, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Seminar Nasional Sains Dan Teknologi
- Jaedun, A. (2011). Metodologi penelitian eksperimen. Fakultas Teknik UNY, 12.
- Mani, A. (2008). Handbook of solar radiation data for India. *Resonance-Journal of Science Education, 13*(11), 1082-1086.
- Mira Martawi, Analisa Pengaruh Intensitas Cahaya Jurnal ELTEK, Vol16 Nomor01, April 2018 ISS 1693-4024
- Purwanto, S. D., Fikri, M., & Christiono, C. (2020). Dampak Bayangan Pada Panel Surya Terhadap Daya Keluaran Photovoltaic. *Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer, 9*(2).
- Putra, S., dan Rangkuti, Ch., 2016. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal. Seminar Nasional Cendekiawan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.
- Rizali, M & Irwandy, 2015. Pengaruh Temperatur Permukaan Sel Surya Terhadap Daya pada Kondisi Eksperimental dan Nyata. Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV), Banjarmasin, 7-8 Oktober 2015.
- Rugianto. "Teknik Dasar Elektronika Komunikasi, edisi 1". Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan (2013)
- Samsurizal, S., Makkulau, A., & Christiono, C. (2018). Analisis Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Arus Keluaran Pada Photovoltaic Dengan Menggunakan Regretion Quadratic Method. *Energi & Kelistrikan, 10*(2), 137-144.

- Suryana D. & Ali. M.M. 2016. Pengaruh Temperatur/Suhu Terhadap Tegangan yang Dihasilkan Panel Surya Jenis Monokristalin (Studi Kasus: Baristand Industri Surabaya). Jurnal teknologi proses dan inovasi industri, vol. 2, no. 1, november 2016.
- Tudorache, T., & Kreindler, L. (2010). Design of a Solar Tracker System for PV Power Plants. Acta Polytechnica Hungarica, Vol.7 No. 1
- Tarigan, A. D., & Hamdani, H. (2020, September). Penggunaan Sistem Pendingin Temperatur Sebagai Peningkatan Kinerja Panel Surya. In Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU (Vol. 3, No. 1, pp. 121-127).
- Utomo, H. S. (2016). Optimalisasi Nilai Daya dan Energi Listrik pada Panel Surya Polikristal Dengan Teknologi Scanning Reflektor Cermin Datar.
- Yusmiati, E. Sri. "BAB 11". Malang: No Publisher (2014)
- Ya'acob M.E., Hizam H., Bakri M. 2014. Performance Test Conditions for Direct Temperature Elements of Multiple PV Array configurations in Malaysia. Energy Procedia 61 (2014) 2387 – 2390.