

PENYERAPAN ENERGI MATAHARI PADA SOLAR CELL DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM TRACKING

Tanwir, Sri Widiastuti, A. Muid Fabanyo¹⁾

¹⁾Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri dan Kebumihan Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Email : tanwir@ieee.org, sriwidiastutiustj@gmail.com, amdfab@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian solar cell dengan menggunakan sistem tracking ini adalah sebagai pengatur posisi solar cell selalu tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari, yang didukung dengan beberapa komponen aktuator, timer on delay (analog dan digital). Diharapkan dengan adanya sistem otomatis pengatur posisi ini membuat solar cell selalu mendapat paparan sinar matahari tegak lurus sehingga menghasilkan energi listrik yang maksimal

Hasil didapat nilai efisiensi tertinggi pada hari ke empat yaitu 13,13% sedangkan efisiensi terendah pada hari ke sepuluh yaitu 4,32% karena pada hari ke sepuluh cuaca mendung. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada saat cuaca cerah efisiensi baik sedangkan pada saat cuaca mendung efisiensi dari solar cell kurang baik. Ketiga pengujian di dapat bahwa pengujian kesatu dengan jumlah beban 185 watt, dari perhitungan battery/accu yuasa mf dicharger hingga mencapai tegangan 13,8 Vdc 32 Ah dapat bertahan 1 jam 54 menit 34,64 detik dan hasil pada saat pengujian dapat membackup beban selama 2 jam 3 menit.

Kata kunci : solar cell, pengaturan posisi, sistem tracking

1. PENDAHULUAN

Secara umum energi adalah sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya atau kemampuan untuk melakukan kerja. Secara umum jenis energi adalah energi mekanis, energi listrik, energi elektromagnetik, energi kimia, energi nuklir dan energi terma (panas). Berdasarkan sumbernya energi dapat dibedakan menjadi energi yang berasal dari bumi (extraterrestrial).

Energi merupakan sebuah kebutuhan dan mempunyai peran sangat penting dalam meningkatkan kesejahteraan, saat ini kebutuhan energi dinegara Republik Indonesia sebagian besar dipenuhi dari sumber energi fosil yang tidak dapat didaur ulang (tidak terbarukan). Namun dari tahun ke tahun cadangan energi fosil mengalami penurunan, sementara Negara Republik Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar nomor 4 didunia setelah Cina, India, Amerika Serikat. Peningkatan jumlah penduduk mempengaruhi banyak aspek dalam kehidupan manusia seperti meningkatnya jumlah kemiskinan, pengangguran, dan yang paling dampak adalah pada kebutuhan energi listrik.

Pemanfaatan energi terutama energi matahari belum sepenuhnya dimanfaatkan, solar cell sebagai alat yang digunakan mengkonversi energi dari matahari menjadi energi listrik. Akan tetapi solar cell (fotovoltaik) sangat mahal disebabkan semua solar cell dibuat dari bahan silikon berkrystal tunggal meskipun berbahan dasar pasir silikat (SiO₂), tetapi untuk membuatnya diperlukan biaya produksi yang tinggi. Para ahli telah melakukan penelitian secara intensif untuk menekan ongkos produksi sel silikon agar dapat bersaing dengan pembangkit tenaga listrik konvensional. Dapat disebutkan disini bahwa untuk membuat pembangkit tenaga listrik dengan solar cell pada perhitungan tahun 1970 yaitu sebanyak \$15.000,-/kW-jam terpasang, sedang yang menggunakan bahan bakar batubara \$500,-/kW-jam terpasang dan yang menggunakan tenaga nuklir yaitu sebanyak \$150,-/kW-jam terpasang. Menurut Matthew buresch, untuk sepuluh tahun kemudian (tahun 1980) harga tiap kW-jam terpasang untuk pembangkit tenaga

surya telah turun menjadi \$7.000,- dengan kemajuan teknologi pembuatan solar cell akhir-akhir ini diharapkan harganya dapat ditekan hingga \$ 500,- /kW-jam terpasang ataupun lebih turun lagi.

Permasalahan karena harganya yang mahal dan juga yang ada sekarang ini pemasangan solar cell pada posisi statis atau tetap sehingga menyebabkan penerimaan energi matahari tidak optimal, karena daya penyerapan energi matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik tidak stabil akibat perubahan posisi matahari. Hal ini mengakibatkan kurang optimalnya kinerja solar cell yang seharusnya 100% berkurang hingga $\pm 60\%$. Solusi dari permasalahan ini yaitu perlu adanya sistem kontrol secara otomatis yang memberikan pergerakan pada solar cell, agar dapat memberikan perubahan sudut pada solar cell setiap jam mengikuti arah sinar matahari sehingga penerimaan sinar matahari atau radiasi pada solar cell dapat diterima secara optimal.

A. Solar Tracking Sistem

Solar tracker adalah perangkat yang mengarahkan muatan ke matahari. Misalnya solar cell, palung parabola, Fresnel reflektor, lensa atau cermin heliostat. Sistem penjejak matahari berfungsi sangat baik dalam mengarahkan solar cell ke arah datangnya cahaya matahari, sehingga energy yang keluar dari solar cell akan naik secara signifikan apabila cahaya matahari selalu tegak lurus membentuk sudut 90° karena sistem tersebut membantu dalam mengoptimalkan energy dari cahaya matahari yang diterima solar cell dari terbitnya matahari sampai terbenamnya matahari. Adapun kelengkapan peralatan dalam membuat tracking sistem adalah sebagai berikut :

1. Actuator

Actuator adalah merupakan komponen mesin yang bertanggung jawab menggerakkan dan mengendalikan sistem. Actuator membutuhkan input dari sinyal kontrol dan sumber energi, yang merupakan energy yang relative rendah berupa energy listrik dan hidrolik atau pneumatic. Sumber utama energi yaitu arus listrik, tekanan oli hidrolik/pneumatic, dengan menerima sinyal dari rangkaian kontrol maka actuator merespons dengan mengubah energi sinyal menjadi energy mekanis. Actuator listrik dapat digunakan untuk memberikan daya pada motor sehingga energy listrik diubah menjadi energy mekanis. Actuator listrik merupakan salah satu actuator yang paling bersih dan paling tersedia karena tidak secara langsung melibatkan minyak atau oli dan bahan bakar fosil lainnya. Adapun actuator yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar 1 di bawah ini :



Gambar 1. Actuator

2. Time Delay Relay (TDR)

Timer On Delay adalah suatu piranti yang menggunakan electromagnet untuk mengoperasikan saklar kontak sering disebut juga relay timer/relay penunda. Peralatan kontrol ini dapat disambungkan dengan peralatan kontrol lainnya, seperti magnetic contactor, thermal over load relay dan lain sebagainya. Tujuan dari pemasangan timer itu sendiri adalah sebagai pengatur waktu untuk peralatan yang dikontrolnya dengan maksud mengatur waktu on dan off secara otomatis dari peralatan tersebut.

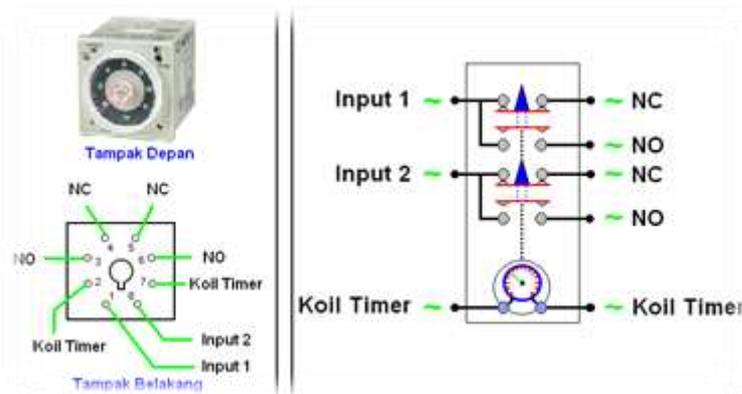
Timer yang digunakan dalam penelitian ini adalah timer on delay, dengan dua macam timer yaitu timer analog dan timer digital. Timer analog yang digunakan sebanyak tiga timer H3CR-A8 arus searah (DC) seperti pada gambar 2 di bawah ini :





Gambar 2. Timer Omron

Kontak normaly open (NO) dan normaly close (NC) pada timer akan bekerja ketika timer diberi sumber arus listrik dan ketetapan waktunya. Misalnya diatur waktu 20 detik lalu timer diberi sumber listrik, maka kontak NO dan NC akan bekerja 20 detik yaitu kontak NO menjadi NC dan NC menjadi NO, dapat dilihat pada gambar 3 di bawah ini.



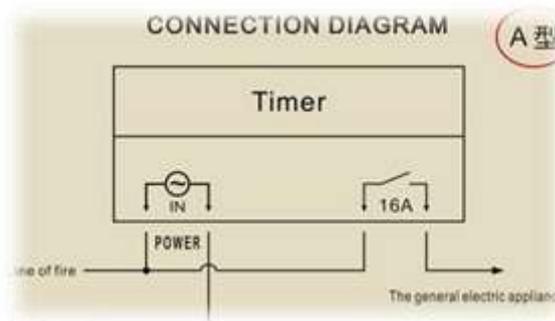
Gambar 3. Kontak-Kontak Timer Analog

Satu timer digital CN101A arus searah (DC) yang digunakan dalam penelitian, contohnya dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. CN101A Timer Digital Switch AC DC 12V

Kontak normaly open (NO) pada timer akan bekerja menjadi normaly close (NC) ketika timer diberi sumber arus listrik dan ketetapan waktunya. Misalnya diatur waktu jam saat ini lalu disetting timernya on pada jam 18:00 sore dan off pada jam 06:00 pagi lalu timer diberi sumber listrik, maka kontak NO akan menjadi NC pada jam 18:00 sore dan akan menjadi NO kembali pada jam 06:00 pagi begitu seterusnya jika timer diatur setiap hari, dapat dilihat contoh kontak pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Kontak Timer Digital Cn101

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Berdasarkan SNI 8395:2017, pembangkit listrik tenaga surya adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui proses konversi dari solar cell. Sistem solar cell mengubah cahaya matahari menjadi energy listrik, semakin besar intensitas cahaya matahari mengenai solar cell maka energy yang dihasilkan solar cell juga semakin tinggi.

Sistem solar cell dapat dianalogikan seperti sistem penampungan air hujan, jumlah air yang ditampung berubah sesuai dengan cuaca. Pada sistem solar cell jumlah listrik yang dikumpulkan solar cell tergantung dengan cuaca. Saat cuaca cerah banyak energy listrik yang dihasilkan, sedangkan saat cuaca mendung/berawan maka energy listrik yang dihasilkan sedikit. Dapat dilihat tabel 1. Analogi komponen plts dan air hujan di bawah ini

Tabel 1. Analogi Komponen PLTS Solar Cell dan Air Hujan

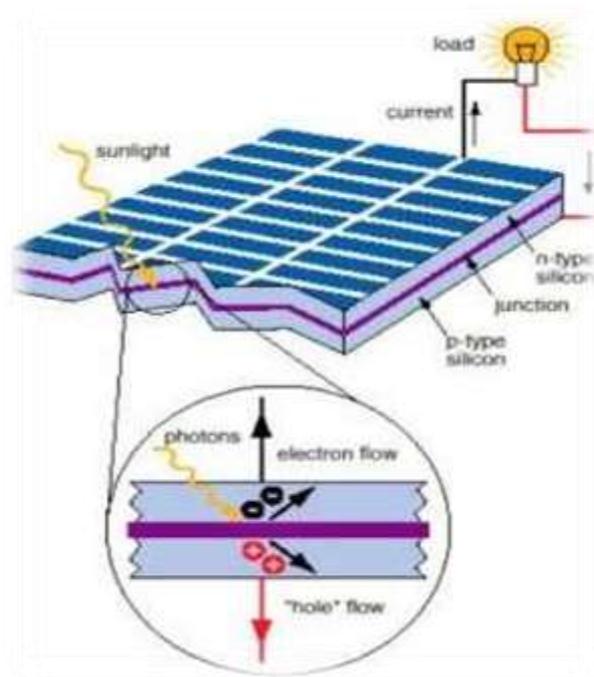
No	Bagian Dari Sistem Penampungan Air Hujan	Bagian Dari Sistem Solar Cell
1	Talang pengumpul di atap rumah	Solar Cell
2	Tangki penyimpan air hujan	Baterai penyimpan
3	Pipa untuk saluran aliran air ke dan dari tangki	Kabel untuk saluran arus listrik ke dan dari baterai
4	Keran untuk membatasi laju alir air	Circuit breaker untuk membatasi aliran arus listrik

Pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) terdapat tiga jenis pembangkit yaitu PLTS off-grid, PLTS on-grid dan PLTS hybrid dengan teknologi lainnya. Selain itu pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) juga dibedakan berdasarkan ada atau tidak adanya jaringan distribusi dalam menyalurkan daya listrik yaitu meliputi PLTS terpusat dan PLTS tersebar/terdistribusi. Adapun komponen PLTS adalah ;

1. Solar Cell

Solar cell merupakan alat yang berfungsi mengubah energy matahari menjadi energy listrik (DC). Solar cell terdiri dari beberapa sel surya yang tersusun baik secara seri atau parallel. Umumnya sebuah panel surya terdiri dari 32 sampai 40 sel surya. Pembentukan panel surya berdasarkan material sel surya yang menyusunnya adalah sel surya silicon crystalline dan sel surya thin film. Dengan kapasitas daya dari pada solar cell diukur dalam satuan watt (W) yang menyatakan daya yang dihasilkan oleh solar cell saat radiasi cahaya matahari yang datang dan diterima solar cell sebesar 1000 w/m^2 . Energy yang dihasilkan solar cell berubah-ubah tergantung dari besar intensitas cahaya matahari yang diterima dan juga dipengaruhi factor lingkungan, sudut kemiringan, dan kebersihan permukaan solar cell, adapun prinsip kerja dari solar cell adalah mengubah energi radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui foto elektrik. Dapat dilihat gambar 6 Konversi Energi Matahari pada Solar Cell di bawah ini.





Gambar 6. Konversi Energi Matahari Melalui Solar Cell



Gambar 7. Solar Cell 100 wp

Suatu material semikonduktor misal bahan silicon diletakan terkena cahaya matahari, maka silicon tersebut akan melepaskan sejumlah listrik yang kecil atau disebut efek fotoelektrik. Efek foto elektrik adalah pelepasan electron dari permukaan metal disebabkan penumbukan cahaya. Efek ini merupakan proses dasar fisis dari pada solar cell menkonversi energy cahaya matahari menjadi energy listrik. Cahaya matahari terdiri dari partikel yang disebut photons yang mempunyai sejumlah energy yang besar tergantung pada panjang gelombang pada solar spectrum. Saat photon menumbuk sel surya maka cahaya akan dipantulkan atau diserap, maka cahaya yang diserap akan membangkitkan energy listrik. Pada saat terjadi tumbukan energi yang dikandung oleh photon maka akan ditransfer pada electron yang ada pada atom sel surya yang merupakan material semikonduktor. Dengan adanya energy yang didapat dari photon, maka electron melepas diri dari ikatan normal material semikonduktor dan menjadi arus listrik. Dengan melepaskan ikatannya maka electron tersebut menyebabkan terbentuknya lubang (Hole).

Solar cell yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak satu unit solar cell poly crystalline 100 wp dalah jenis Sel surya silicon crystalline. Solar Cell 100 Wp artinya solar cell tersebut mempunyai 100 watt peak (pada saat matahari terik). Peak satu hari 4,5 sehingga $100 \times 4,5 = 450$ watt hour, itu merupakan kapasitas maksimal untuk pemakaian satu hari, dapat dilihat contoh pada gambar 7 Solar Cell pada gambar 7.

2. Battery/ Accu

Battery/Akumulator (accu) adalah alat yang dapat menyimpan energi listrik (DC) yang dihasilkan solar cell pada saat matahari bersinar dan baterai akan mengeluarkan kembali energi listrik pada saat modul surya tidak dapat menghasilkan energi listrik lagi. Battery memenuhi dua tujuan penting dalam sistem solar cell yaitu untuk menyediakan daya listrik untuk sistem pada saat daya tidak disediakan oleh solar cell dan untuk menyimpan daya yang dihasilkan solar cell setiap kali daya itu melebihi beban.

Daerah tegangan kerja battery adalah daerah tegangan dimana sistem solar cell masih mampu menyalakan beban. Untuk Sistem tegangan 12 Vdc, maka daerah tegangan kerja battery adalah antara 11,4 Vdc sampai 14,5 Vdc. Battery telah terisi penuh dapat diketahui melalui pengukuran battery yaitu jika tegangan battery (untuk sistem 12 Vdc) telah mencapai tegangan 13,8 Vdc sampai 14,5 Vdc (tergantung dari jenis baterai dan kebutuhan sistem) dan battery akan “gasing” (mengeluarkan gelembung gas), jika tegangan battery mencapai antara 14,5 Vdc sampai 15,0 Vdc. Oleh karena itu pengisian arus listrik tersebut harus diputuskan.

Battery akan mencapai kondisi minimum (ampernya hampir kosong), jika tegangan baterai telah mencapai sekitar 11,4 Vdc sampai 11,7 Vdc. Oleh karena itu apabila tegangan battery telah mencapai 11,4 Vdc sampai 11,7 Vdc, maka hubungan beban ke battery harus segera diputuskan, untuk mencegah apabila battery terlalu sering mencapai kondisi kosong akan menyebabkan sulfasi battery sehingga battery akan cepat menjadi rusak. Pada umumnya battery terdiri dari dua jenis yaitu battery primer hanya sekali pakai dan battery sekunder yang dapat diisi ulang. Tipe battery sekunder yang sesuai untuk sistem solar cell karena menggunakan battery tipe sekunder dapat memanfaatkan energi yang disimpan (discharge) panel surya tidak dapat menerima sinar matahari, sedangkan pada saat ada matahari solar cell akan mengisi daya pada battery (charger) seperti pada gambar 8 di bawah ini :



Gambar 8. Dua Unit Battery/Accu GP VRLA 12 V 7,2 Ah

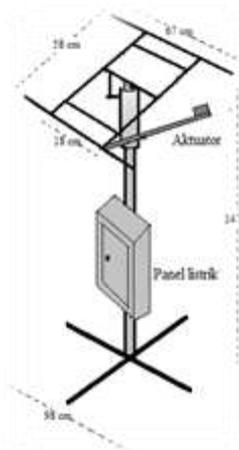


Dengan dua battery diparalel dari masing-masing 12 V 7,2 Ah menjadi 12 V 14,4 Ah maka angka 12 V dan menunjukkan tegangan battery sedangkan 14,2 Ah menunjukkan arus yang dapat dikeluarkan per jam. Jadi untuk perhitungan kapasitas battery 12V 14,4Ah adalah sebagai berikut daya per jam ($P = 12V \times 14,4Ah = 172,8 \text{ Wh}$), maka $80 / 100 \times 172,8 = 138,24 \text{Wh}$ daya yang dapat digunakan, dari perhitungan ini didapat bahwa battery yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai kapasitas $\pm 138,24$ watt selama satu jam atau 69,12 watt selama dua jam. Jadi semakin banyak energi yang dikeluarkan, maka battery akan semakin cepat mengalami pelepasan energy (discharge)

2. METODE PENELITIAN

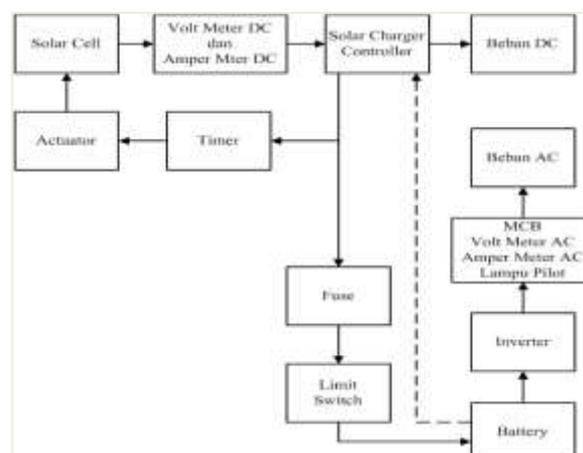
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dilakukan dalam beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

- A. Pengumpulan data berupa referensi literature mengenai solar tracking system dan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).
- B. Pembuatan solar tracking system dilakukan berupa rangka keseluruhan Solar Cell dengan Sistem Tracking dapat dilihat pada gambar 9 dibawah ini.



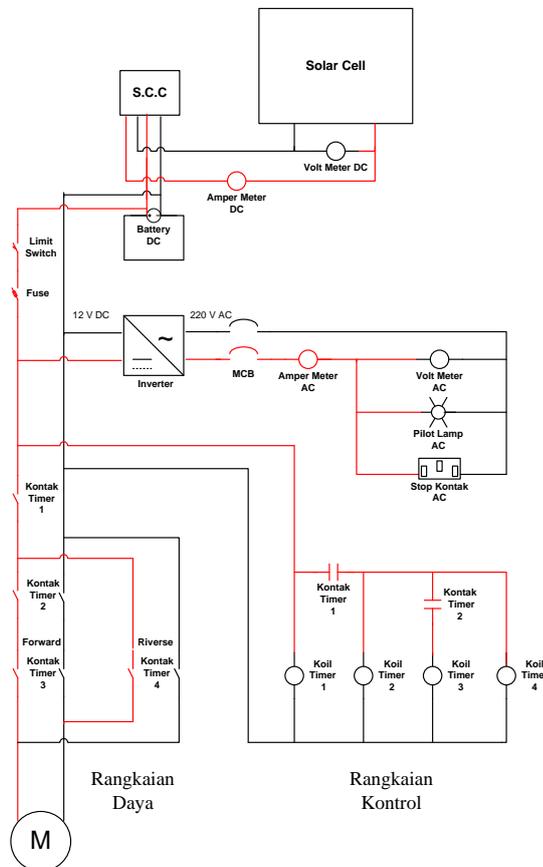
Gambar 9. Rangka Solar Cell dengan Sistem Tracking

Dengan bentuk blok diagram seperti pada gambar 10. solar cell dengan menggunakan sistem tracking ;



Gambar 10. Block Diagram

Sedangkan single line diagram solar cell dengan menggunakan sistem tracking seperti pada gambar 11 di bawah ini ;



Gambar 11. Single Line Diagram

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan pengambilan data, dari solar cell dengan spesifikasi dapat dilihat pada tabel 2. dibawah, maka dengan data tersebut akan dianalisa menurut rumus masing-masing dan data tegangan, arus rata-rata terhadap hasil sepuluh hari pengambilan data dapat seperti pada tabel 2 dan grafik pada gambar 12 di bawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi Solar Cell

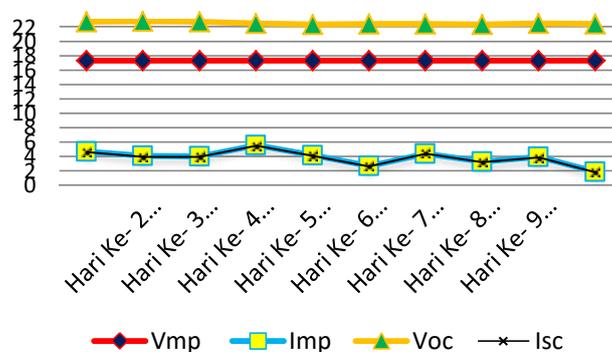
PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS	
Maximum Power (Pmax)	100 watt
Maximum Power Current (Imp)	5,62 Amper
Maximum Power Voltage (Vmp)	17,8 Volt
Open Circuit Voltage (Voc)	21,8 Volt
Short Circuit Current (Isc)	6,05 Amper
STC;1000W/m ² ,25°C,AM 1,5 (size 1125mm x 670 mm x 30 mm)	



Tabel 3. Rata-Rata Tegangan Dan Arus

Hari ke..	Vmp (DC)	Imp (A)	Voc (DC)	Isc (A)
1	17,8	4,64	22,7	4,65
2	17,8	4,06	22,8	3,93
3	17,8	4,00	22,7	3,97
4	17,8	5,56	22,5	5,50
5	17,8	4,17	22,3	4,13
6	17,8	2,64	22,4	2,63
7	17,8	4,39	22,4	4,40
8	17,8	3,24	22,3	3,21
9	17,8	3,89	22,5	3,87
10	17,8	1,83	22,4	1,81

Grafik Rata-Rata Tegangan dan Arus dari tabel 3



Gambar 12. Grafik Rata- Rata Tegangan dan Arus Sepuluh Hari Pengujian

Dari grafik pada gambar 12 diatas dapat dilihat bahwa nilai Imp dan Nilai Isc tidak mengalami perubahan nilai yang jauh dan juga bisa dilihat antara tegangan Voc dan arus Imp pada saat pergantian cuaca yang mana nilai tegangan Voc tidak mengalami perubahan nilai yang signifikan sedangkan yang mengalami perubahan yaitu pada nilai arus yang mana dapat dilihat bahwa pada saat pergantian cuaca nilainyaupun berubah-ubah.

Untuk menentukan luas solar cell yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Panjang (meter)} \times \text{Lebar (meter)} \\ &= 1,125 \text{ m} \times 0,67 \text{ m} \\ &= 0,75375 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Radiasi berdasarkan STC pada nameplate solar cell 1000 w/m² (intensitas cahaya global saat radiasi matahari maksimum), solar cell menghasilkan daya maksimum 100 wp.

A. Fill Factor (ff), Daya Maksimum (Pmak) dan Efisiensi (η)

Dari hasil penelitian pada setiap tabel untuk mengetahui nilai fill factor (ff), daya maksimum (Pmak) dan efisiensi (η) maka hasil penelitian dapat dihitung sebagai berikut:

1. Fill Factor

Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai fill factor (ff) dengan rumus persamaan dibawah ini.

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

dengan: V_{mpp} = Tegangan pada titik kerja maksimum

I_{mpp} = Arus pada titik kerja maksimum

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka solar cell (V_{otl})

I_{sc} = Arus hubung singkat solar cell (Ampere)



Perhitungan yaitu:

- a) Hari ke- 1 : $FF = \frac{17,8 \times 4,64}{22,7 \times 4,65} = 0,782454644$
 b) Hari ke- 2 : $FF = \frac{17,8 \times 4,06}{22,8 \times 3,93} = 0,806526494$
 c) Hari ke- 3 : $FF = \frac{17,8 \times 4,00}{22,7 \times 3,97} = 0,790066467$
 d) Hari ke- 4 : $FF = \frac{17,8 \times 5,56}{22,5 \times 5,50} = 0,799741414$
 e) Hari ke- 5 : $FF = \frac{17,8 \times 4,17}{22,3 \times 4,13} = 0,805937089$
 f) Hari ke- 6 : $FF = \frac{17,8 \times 2,64}{22,4 \times 2,63} = 0,797664312$
 g) Hari ke- 7 : $FF = \frac{17,8 \times 4,39}{22,4 \times 4,40} = 0,79283685$
 h) Hari ke- 8 : $FF = \frac{17,8 \times 3,24}{22,3 \times 3,21} = 0,805666149$
 i) Hari ke- 9 : $FF = \frac{17,8 \times 3,89}{22,5 \times 3,87} = 0,79519954$
 j) Hari ke- 10 : $FF = \frac{17,8 \times 1,83}{22,4 \times 1,81} = 0,803423441$

2. Daya maksimum (Pmak)

Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung nilai daya maksimum (Pmak) dengan rumus pada persamaan dibawah ini.

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

dengan: V_{mpp} = Tegangan pada titik kerja maksimum

I_{mpp} = Arus pada titik kerja maksimum

P_{out} = Daya yang dibangkitkan/output solar cell (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka solar cell (Votl)

I_{sc} = Arus hubung singkat solar cell (Ampere)

Perhitungan yaitu:

- a) Hari ke- 1 : $P_{out} = 22,7 \times 4,65 \times 0,782454644 = 82,59199995 \text{ w}$
 b) Hari ke- 2 : $P_{out} = 22,8 \times 3,93 \times 0,790066467 = 70,79311571 \text{ w}$
 c) Hari ke- 3 : $P_{out} = 22,7 \times 3,97 \times 0,790066467 = 71,19999994 \text{ w}$
 d) Hari ke- 4 : $P_{out} = 22,5 \times 5,50 \times 0,799741414 = 98,96799998 \text{ w}$
 e) Hari ke- 5 : $P_{out} = 22,3 \times 4,13 \times 0,805937089 = 74,22599996 \text{ w}$
 f) Hari ke- 6 : $P_{out} = 22,4 \times 2,63 \times 0,797664312 = 46,99199995 \text{ w}$
 g) Hari ke- 7 : $P_{out} = 22,4 \times 4,40 \times 0,79283685 = 78,14199994 \text{ w}$
 h) Hari ke- 8 : $P_{out} = 22,3 \times 3,21 \times 0,805666149 = 57,67199994 \text{ w}$
 i) Hari ke- 9 : $P_{out} = 22,5 \times 3,87 \times 0,79519954 = 69,24199995 \text{ w}$
 j) Hari ke- 10 : $P_{out} = 22,4 \times 1,81 \times 0,803423441 = 32,57399999 \text{ w}$

3. Effisiensi

Menentukan effisiensi solar cell dapat menggunakan rumus pada persamaan 3.3 dibawah ini.

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

$$\eta = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{E \cdot A} \times 100 \%$$

dengan: V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka solar cell (Votl)

I_{sc} = Arus hubung singkat solar cell (Ampere)

FF = Fiil Factor

E = Intensitas radiasi matahari (watt/m²)

A = Luas penampang solar cell (m²)

Perhitungan yaitu:

- a) Hari ke- 1 : $\eta = \frac{22,7 \cdot 4,65 \cdot 0,782454644}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 10,96 \%$



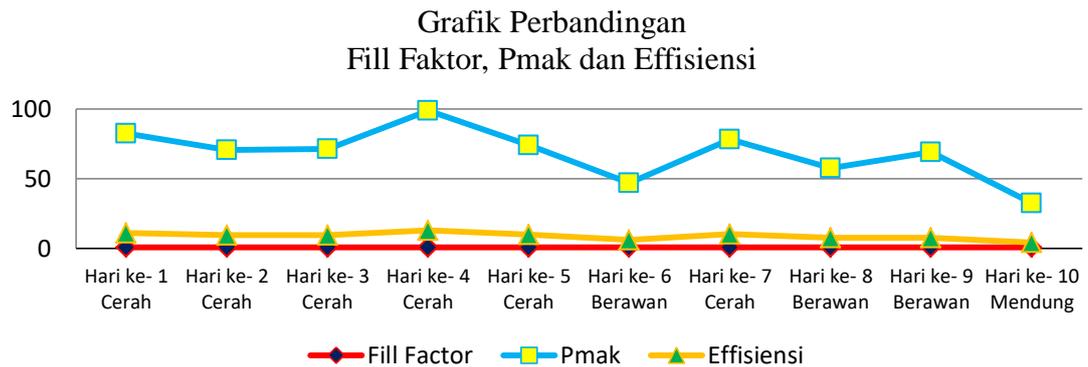
- b) Hari ke- 2 : $\eta = \frac{22,8 \cdot 3,93 \cdot 0,806526494}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 9,39 \%$
- c) Hari ke- 3 : $\eta = \frac{22,7 \cdot 3,97 \cdot 0,790066467}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 9,45 \%$
- d) Hari ke- 4 : $\eta = \frac{22,5 \cdot 5,50 \cdot 0,799741414}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 13,13 \%$
- e) Hari ke- 5 : $\eta = \frac{22,3 \cdot 4,13 \cdot 0,805937089}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 9,85 \%$
- f) Hari ke- 6 : $\eta = \frac{22,4 \cdot 2,63 \cdot 0,797664312}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 6,23 \%$
- g) Hari ke- 7 : $\eta = \frac{22,4 \cdot 4,40 \cdot 0,79283685}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 10,37\%$
- h) Hari ke- 8 : $\eta = \frac{22,3 \cdot 3,21 \cdot 0,805666149}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 7,65 \%$
- i) Hari ke- 9 : $\eta = \frac{22,5 \cdot 3,87 \cdot 0,79519954}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 9,19 \%$
- j) Hari ke- 10 : $\eta = \frac{22,4 \cdot 1,81 \cdot 0,803423441}{1000 \cdot 0,75375} \times 100 \% = 4,32 \%$

Dari hasil perhitungan fill factor (ff), daya maksimum (Pmak) dan efisiensi (η) maka dari perhitungan didapatkan hasil keseluruhan yang dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini dan grafik yang dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini, dengan hasil yang mana pada saat cerah nilai daya maksimum (Pmak) dan efisiensi (η) baik, sedangkan pada saat cuaca berawan juga mendung daya maksimum (Pmak) dan efisiensi (η) yang dihasilkan kurang baik atau menurun nilainya. Sedangkan nilai fill factor (ff) tidak mengalami perubahan yang signifikan walaupun dengan cuaca yang berubah-ubah dari cerah, berawan dan mendung.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Sepuluh Hari Pengujian

Hari Ke-	Suhu °C Cuaca	Fill Factor (FF)	Daya Maksimum (Watt)	Effisiensi (η) (%)
1	Cerah	0,782454644	82,59199995	10,96
2	Cerah	0,806526494	70,79311571	9,39
3	Cerah	0,790066467	71,19999994	9,45
4	Cerah	0,799741414	98,96799998	13,13
5	Cerah	0,805937089	74,22599996	9,85
6	Berawan	0,797664312	46,99199995	6,23
7	Cerah	0,79283685	78,14199994	10,37
8	Berawan	0,805666149	57,67199994	7,65
9	Berawan	0,79519954	69,24199995	9,19
10	Mendung	0,803423441	32,57399999	4,32





Gambar 13 Grafik Perbandingan Fill Faktor, Pmak, Effisiensi

B. Analisa Beban

Analisa beban yang dilakukan yaitu ada dua pengujian dengan menggunakan beban dan battery dengan kapasitas yang berbeda.

1. Perhitungan Berapa Waktu Battery/Accu Dapat Membackup Beban seperti pada tabel 5 ;

Tabel 5 Data Beban Pengujian

Beban	Jumlah	Daya (watt)
Lampu Pijar 25 watt	5	125
Lampu Pijar 60 watt	1	60
<i>Jumlah</i>		<i>185</i>

Dalam penelitian ini pemakaian beban yang dipakai yaitu pengujian dapat dilihat data beban pada tabel 4.13 diatas. Dimana pengujian ke satu digunakan beban lampu pijar 25 watt 5 piece dan 60 watt 1 piece jumlah beban yang dipakai yaitu 185 watt dengan kapasitas battery yang digunakan setelah di charger sampai 100 % penuh mencapai tegangan 13,8 V 32 Ah. Maka diperoleh ;

- 1) Daya/jam battery (Wh)

Dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan dibawah ini.

$$P_b = V_b \times \text{Kapasitas Battery (Ah)}$$

dengan:

$$P_b = \text{Daya Battery (watt)}$$

$$V_b = \text{Tegangan Battery (Volt)}$$

$$\text{Kapasitas Battery (Ah)}$$

diperoleh :

$$\begin{aligned} P_b &= 13,8 \text{ V} \times 32 \text{ Ah} \\ &= 441,6 \text{ Wh} \end{aligned}$$

- 2) Arus Beban (A)

Dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan dibawah ini.

$$I_b = P / V_b$$

dimana:

$$I_b = \text{Arus beban (Amper)}$$

$$P = \text{Daya (watt)}$$

$$V_b = \text{Tegangan Battery (Volt)}$$

diperoleh :

$$\begin{aligned} I_b &= 185 \text{ watt} / 13,8 \text{ volt} \\ &= 13,406 \text{ ampere} \end{aligned}$$



3) Waktu Pemakaian

dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan dibawah ini.

$$T_p = Ah \text{ Battery} / I_b - \text{Effisiensi battery } 20\%$$

dimana:

T_p = Waktu pemakaian battery/accu

Ah = Kapasitas battery amper/jam

I_b = Arus beban (Amper)

diperoleh :

$$\begin{aligned} T_p &= 32 \text{ Ah} / 13,4057971 \\ &= 2,387 \text{ jam} - \text{Effisiensi } 20\% \\ &= 1,909 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi battery/accu yuasa mf yang dicharger sampai penuh 100% dengan tegangan 13,4V 32Ah dari perhitungan dapat bertahan 1 jam 54 menit 34,64 detik dan hasil pada saat pengujian dapat membackup beban selama 2 jam 3 menit, hanya selisih 8 menit 25,36 detik dari keduanya.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil desain alat sesuai dengan apa yang sudah direncanakan yang mana untuk rangka keseluruhan menggunakan besi, tetapi desain rangka tidak terbatas pada solar cell 100 wp tetapi dapat digunakan pada solar cell 50 wp sampai 150 wp, sebab mengingat akuator matrix 18 inchi mempunyai batas maksimum untuk mengangkat beban ± 4 kg kebawah
- Hasil desain alat yang telah dibuat digunakan dalam pengambilan data tegangan (v) dan arus. diperoleh nilai efisiensi tertinggi pada hari ke empat yaitu 13,13% sedangkan efisiensi terendah pada hari ke sepuluh yaitu 4,32% karena pada hari ke sepuluh cuaca mendung. Sehingga diperoleh bahwa pada saat cuaca cerah efisiensi baik sedangkan pada saat cuaca mendung efisiensi dari solar cell kurang baik.
- Hasil penelitian dengan pengujian di peroleh bahwa pengujian awal dengan jumlah beban 185 watt, dari perhitungan battery/accu yuasa mf dicharger hingga mencapai tegangan 13,8 Vdc 32 Ah dapat bertahan 1 jam 54 menit 34,64 detik dan hasil pada saat pengujian dapat membackup beban selama 2 jam 3 menit, hanya selisih 8 menit 25,36 detik dari keduanya. Sedangkan pada pengujian menggunakan battery/accu GP VRLA dicharger hingga mencapai tegangan 13,1 Vdc 14,4 Ah dengan jumlah beban yang dipakai 123,5 watt dapat membackup beban selama 1 jam 13 menit 19,05 detik dan hasil pada saat pengujian dapat membackup beban selama 52 menit selisih 21 menit 19,05 detik. Pengujian selanjtnya menggunakan battery yuasa mf dicharger hingga penuh mencapai tegangan 13,4Vdc 32Ah dari perhitungan dapat bertahan membackup beban lampu pijar 110 watt selama 3 jam 7 menit 6,76 detik dan hasil pada saat pengujian dapat membackup beban selama 2 jam 53 menit, hanya selisih 14 menit 6,76 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Kencana, B., Prasetyo, B., Berchmans, H., Agustina, I., Myrasandri, P., Bona, R., Panjaitan, R.R., dan Winne., "Indonesia Clean Energy Development II", 2018, Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat, Jakarta.
- Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat, Buku Panduan Energi Yang Terbarukan guidebook Renewable Energy Small.
- Pudjanarsa, A., dan Nursuhud, D., 2008, "Mesin Konveri Energi", Andi Yogyakarta.
- M. Rosa-Clot, P. Rosa-Clot, G. M. Tina, dan C. Ventura, "RAST: Round About Solar Tracking," *Energy Procedia*, vol. 134, hal. 598–606, 2017.



S. Ozcelik, H. Prakash, dan R. Chaloo, "Two-Axis Solar Tracker Analysis and Control for Maximum Power Generation," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 6, hal. 457–462, 2011

