

OPTIMALISASI DAYA MENGGUNAKAN REFLEKTOR DALAM RANCANG BANGUN PANEL SURYA *MONOCRYSTALLINE* 100WP

¹Adi Darmawan Pratomo, ²Irrine Budi Sulistiawati, ³Awan Uji Krismanto

Institut Teknologi Nasional Malang, Malang, Indonesia

¹adidarmawan2000@gmail.com, ²irrine@lecturer.itn.ac.id, ³awan_uji_krismanto@lecturer.itn.ac.id

Abstrak—Panel surya menjadi alternatif pembangkitan energi listrik paling populer. Kendala terbesar panel surya adalah daya yang dihasilkan tidak selalu maksimal dikarenakan banyak faktor seperti iradiasi matahari yang selalu berubah arah dan nilai intensitasnya. Metode paling umum digunakan dalam mengatasi kendala tersebut adalah menggunakan solar tracker. Namun hasil solar tracker masih belum maksimal. Terdapat alternatif terbaru untuk meningkatkan daya panel surya dengan menggunakan reflektor. Penelitian ini berfokus pada peningkatan daya keluaran panel surya menggunakan dua buah reflektor berupa cermin datar yang digerakkan menggunakan motor aktuator menurut pembacaan data dari sensor iradiasi. Metode ini dinamakan solar concentrator dua reflektor. Hasil penelitian adalah metode solar concentrator mampu memaksimalkan daya tertinggi yang dihasilkan panel surya *monocrystalline* kapasitas 100 WP sebesar 93,61 Watt pada pukul 11.45 siang dengan kondisi iradiasi maksimum. Total energi yang diperoleh menggunakan solar concentrator dari pukul 8.00 pagi hingga 16.00 sore sebesar 614Wh. Sedangkan panel surya kondisi diam statis hanya menghasilkan 419Wh. Sehingga besar peningkatan energi menggunakan solar concentrator adalah 46% lebih besar daripada tanpa reflektor.

Kata Kunci—Reflektor, Solar Concentrator, Panel Surya *Monocrystalline*.

I. PENDAHULUAN

Matahari adalah salah satu energi terbarukan terbesar di bumi dalam bentuk radiasi matahari. Radiasi yang diterima bumi terdiri dari cahaya tampak, cahaya inframerah, dan cahaya ultraviolet. Cahaya tampak berada pada panjang gelombang antara 380 – 750nm (nano meter). Cahaya ultraviolet dengan panjang gelombang dibawah 380nm, dan cahaya inframerah diatas 750nm. Panel surya sebagian besar menggunakan radiasi matahari berupa cahaya tampak dan merubahnya menjadi energi listrik. Dalam pembahasan panel surya dikenal juga istilah iradiasi matahari. [1]

Iradiasi matahari adalah seberapa besar daya per satuan luas yang diterima oleh bumi dari matahari dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Iradiasi matahari diukur dalam satuan watt per meter persegi (W/m^2) pada satuan internasional (SI). Semakin besar intensitas iradiasi matahari maka semakin besar daya keluaran panel surya. Rerata iradiasi di Indonesia berkisar $4,8 kW/m^2$ setiap hari menjadikan potensi pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terbuka lebar. [2], [3]

Energi matahari tidak sepenuhnya diserap panel surya dikarenakan banyak faktor. Pengaruh faktor internal yang mempengaruhi antara lain jenis sel panel surya yang berkaitan dengan efisiensi, kapasitas daya keluaran, dan rentang suhu operasional panel surya. Jenis panel surya yang tersedia secara komersial adalah *monocrystalline* dan *polycrystalline*. Efisiensi panel surya umumnya bernilai diantara 15 – 20 persen. Panel *monocrystalline* mampu menghasilkan efisiensi hingga 17,4 persen dan sesuai untuk lingkup kerja bersuhu panas dan kondisi terik. Sedangkan panel *polycrystalline* menghasilkan efisiensi 14,4 persen dan hanya sesuai untuk lingkup kerja bersuhu rendah. [4]–[6]

Faktor eksternal dipengaruhi oleh besar intensitas dan arah iradiasi matahari yang selalu berubah setiap waktu sehingga berakibat menurunnya daya keluaran panel surya. Arah iradiasi tidak tegak lurus dengan permukaan panel surya menyebabkan banyak iradiasi matahari terpantul kembali dan sebagian besar terbuang menjadi energi panas. [7]

Untuk dapat mengoptimalkan iradiasi matahari dapat digunakan alat bernama *solar tracker* yang bekerja mengarahkan posisi panel surya menghadap tegak lurus dengan arah iradiasi matahari. *Solar tracker* bekerja baik satu aksis (mengarahkan iradiasi matahari dari lintang timur menuju lintang barat), dan dua aksis (juga mengarahkan iradiasi matahari dari lintang utara dan selatan). Metode ini meningkatkan daya keluaran panel surya sebesar 10 – 20 persen dibandingkan panel surya posisi diam horizontal (*fixed point*). Namun kendala *solar tracker* adalah cakupan luas permukaan penerimaan iradiasi matahari hanya sebatas luas area panel surya itu sendiri. [8]

Merujuk pada referensi, metode baru yang digunakan sebagai alternatif *solar tracker* adalah alat bernama *solar concentrator*, dimana dengan menggunakan reflektor untuk meningkatkan luas permukaan cakupan penerimaan iradiasi matahari. Dengan metode ini, iradiasi yang sebelumnya terpantul dapat dipusatkan kembali menuju permukaan panel surya. Daya keluaran panel surya menggunakan *solar concentrator* lebih besar dibandingkan metode *solar tracker*. [9], [10]

Penentuan sudut reflektor harus dipertimbangkan agar dapat menyinari seluruh permukaan panel surya. Penelitian sebelumnya menyatakan sudut reflektor yang sesuai adalah

memiliki sudut kemiringan berkisar 60° dari permukaan panel surya. [11], [12]

Pengujian dari penggunaan *solar concentrator* dua reflektor pada kondisi statis dengan sudut kemiringan reflektor 45° derajat pada panel surya *polycrystalline* hanya mampu menghasilkan peningkatan daya sebesar 17% daripada panel surya kondisi statis. [13]

Untuk mendapat daya tertinggi panel surya harus mendapat iradiasi matahari paling maksimal, maka sudut reflektor harus selalu berubah sesuai arah iradiasi matahari dalam interval waktu tertentu. Penentuan sudut reflektor akan dikendalikan oleh mikrokontroler arduino dengan penggerak motor aktuator yang menentukan besar sudut yang sesuai untuk mencapai pemusatan iradiasi maksimal melalui pembacaan nilai selisih sensor iradiasi.

Penentuan sudut reflektor harus sama pada setiap percobaan yang dilakukan agar rasio intensitas iradiasi matahari tetap konstan. Sehingga rancang bangun alat akan mempertimbangkan sudut reflektor sebagai variabel terikat.

Merujuk permasalahan penelitian yang telah diuraikan diatas, maka tujuan penelitian adalah mampu mengimplementasikan *solar concentrator* untuk mengikuti arah dan memusatkan iradiasi matahari untuk mengoptimalkan daya keluaran panel surya *monocrystalline* secara optimal. Serta menganalisis besar peningkatan performa panel surya menggunakan *solar concentrator* yang bergerak mengikuti arah iradiasi matahari.

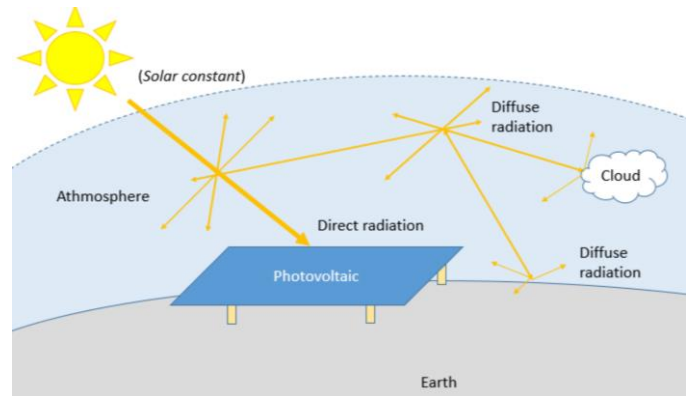
II. KAJIAN PUSTAKA

A. Iradiasi Matahari

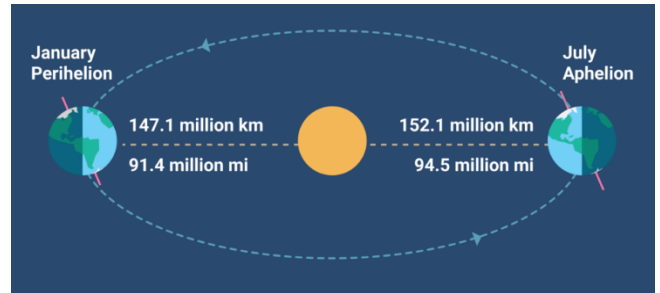
Iradiasi matahari (*solar irradiation*) adalah satuan besar daya per satuan luas yang diterima oleh bumi dari matahari dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang diukur dalam watt per meter persegi (W/m²) pada satuan internasional (SI). Unjuk kerja panel surya dan iradiasi matahari sangat berhubungan erat. Semakin tinggi intensitas iradiasi matahari, maka semakin besar daya yang dihasilkan panel surya. [2]

Iradiasi yang diterima oleh permukaan bumi terdiri dari dua jenis yaitu *direct radiation* dan *diffuse radiation*. *Direct radiation* adalah iradiasi yang diterima langsung dari matahari tanpa adanya pemantulan dari awan atau permukaan atmosfer bumi. Nilai *direct radiation* selalu lebih besar daripada *diffuse radiation*. Sedangkan *diffuse radiation* adalah iradiasi matahari yang sudah mengalami pemantulan dari awan atau permukaan atmosfer bumi. Kedua jenis iradiasi tersebut tetap memiliki peran penting dalam pengaruh daya keluaran panel surya. Apabila kondisi cerah, panel surya mampu menerima iradiasi hingga 1000W/m² sesuai pengujian *datasheet* spesifikasi panel surya. [14]

Bumi selalu berevolusi mengitari matahari dalam orbit yang tidak silinder, namun berbentuk elips (sedikit lonjong) sehingga bumi memiliki kondisi dimana berada pada kondisi terjauh dengan matahari (*aphelion*) dan kondisi terdekat dengan matahari (*perihelion*). Fenomena ini menjadikan sebagian bumi, khususnya di indonesia mengalami musim kemarau dan penghujan.



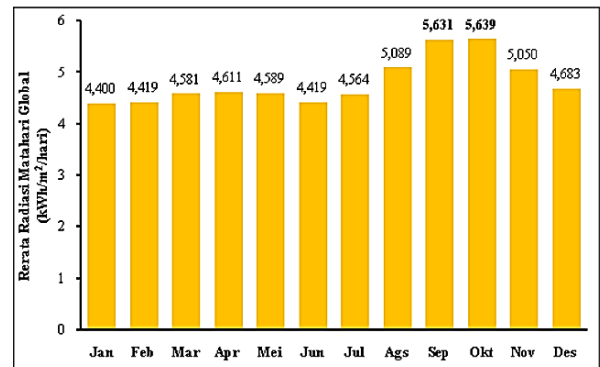
Gambar 1. Jenis iradiasi yang diterima bumi [14]



Gambar 2. Ilustrasi proses revolusi bumi

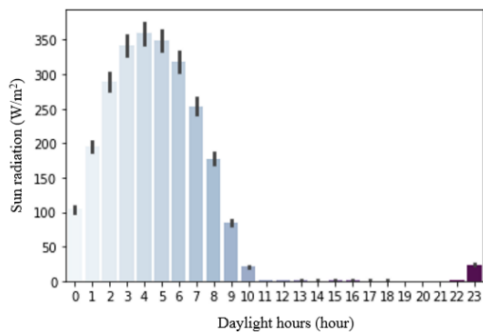
Sumber : timeanddate.com/astronomy/perihelion-aphelion-solstice.html

Kota Malang yang berada pada posisi 7,98° Lintang Selatan dan 112,62° Bujur Timur memiliki iradiasi rata – rata dalam setahun sebesar 4,806 kWh/m² dengan kondisi puncak di bulan September hingga Oktober menurut data tahun 2018. [3]



Gambar 3. Intensitas iradiasi Kota Malang tahun 2018 [3]

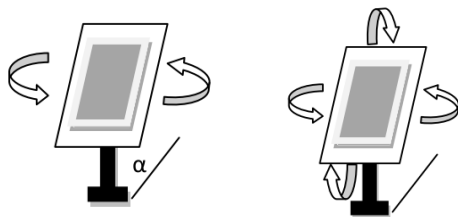
Besar nilai iradiasi selalu bervariasi terhadap perubahan waktu dikarenakan putaran rotasi bumi yang menyebabkan adanya siang dan malam. Oleh karena itu iradiasi selalu berubah sesuai kondisi jam setiap harinya. Berdasar pengujian yang dilakukan di PLTS ITERA Lampung tahun 2021 dimulai pada jam 7.00 pagi. Berikut grafik intensitas iradiasi terhadap waktu terlampir pada gambar 3. Terlihat puncak iradiasi berada pada jam 11 – 12 siang dengan iradiasi diatas 350W/m² [14]



Gambar 4. Kurva nilai iradiasi matahari terhadap waktu [14]

Iradiasi matahari selalu berubah baik setiap bulan akibat revolusi bumi dan perubahan waktu akibat rotasi bumi terhadap matahari. Sehingga diperlukan suatu sistem pelacak yang mampu mengikuti setiap pergerakan posisi matahari. Sistem tersebut dinamakan *solar tracker*, dimana sistem tersebut terdiri dari dua jenis yaitu *solar tracker* satu aksis dan *solar tracker* dua aksis.

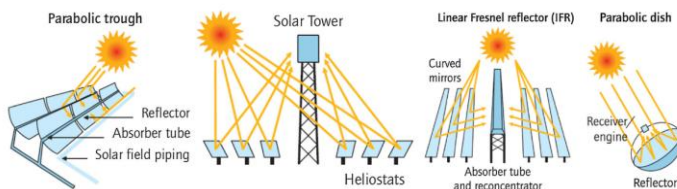
Perbedaan antara sistem satu aksis dan dua aksis terletak pada sudut kebebasan gerak *solar tracker*. Pada sistem satu aksis *solar tracker* hanya dapat bergerak satu arah semisal mengarahkan panel surya dari bujur timur menuju barat atau dari bujur utara ke bujur selatan. Untuk sistem dua aksis dapat melakukan keduanya, sehingga derajat kebebasan kerja alat dalam melacak matahari menjadi lebih baik. Namun untuk daerah yang berada di garis katulistiwa, sistem satu aksis menjadi alternatif yang paling sesuai dalam sistem pelacakan iradiasi matahari. [15]



Gambar 5. Sistem *solar tracker* satu aksis (kiri) dan dua aksis (kanan) [15]

B. Sistem Solar Concentrator

Solar concentrator adalah metode memusatkan iradiasi matahari pada luas bidang tertentu. Teknik pemusatan iradiasi tersebut menggunakan reflektor cermin dengan bentuk yang berbeda sesuai dengan dimana sistem tersebut akan digunakan. Seperti cermin berbentuk datar, parabola, atau cermin lengkung. Sistem cermin datar hanya mampu memusatkan cahaya berkisar 40% dari total cahaya yang diterima. [16]



Gambar 6. Jenis reflektor sistem *Solar Concentrator* [16]

Sebagai contoh sistem solar concentrator yang paling banyak digunakan adalah pada sistem pembangkitan *Concentrated Solar Power* (CSP), dimana menggunakan ratusan cermin untuk memusatkan cahaya pada suatu puncak tower yang berisi air. Panas yang dihasilkan dari pantulan iradiasi ratusan cermin menyebabkan air mendidih dan menjadi uap yang menggerakkan turbin generator yang menghasilkan listrik.



Gambar 7. *Concentrated Solar Power* (CSP)

Sumber : en.wikipedia.org/wiki/PS10_solar_power_plant

Dalam proses mendesain prototipe, sistem *solar concentrator* menggunakan reflektor yang terbuat dari cermin datar, dengan dimensi panjang dan lebar yang sama dengan dimensi panel surya. Dua buah reflektor akan memusatkan iradiasi matahari dari timur menuju barat dengan sistem kerja menggunakan sistem satu aksis (hanya bergerak dari bujur timur menuju bujur barat). Desain prototipe alat terlampir pada gambar 15. Panel surya mendapat tiga buah penyinaran iradiasi matahari, yaitu dari matahari langsung, dan melalui pantulan cahaya pada reflektor barat dan timur sehingga permukaan panel surya mendapat penyinaran matahari lebih banyak.

C. Panel Surya

Panel surya (*solar cell* atau *solar panel*) adalah komponen semikonduktor yang merubah iradiasi matahari menjadi energi listrik menggunakan efek *photovoltaic* dimana merupakan suatu kondisi material menghasilkan tegangan dan arus apabila terkena cahaya. Perkembangan teknologi panel surya berkembang dengan pesat. Saat ini sudah ada tiga tingkatan teknologi panel surya yang dikembangkan, meskipun secara komersial hanya panel surya jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline* yang sering ditemui dipasaran. [17]

Panel surya generasi pertama terdiri dari potongan silikon murni dimana terdapat dua jenis produk yang dihasilkan yaitu mono dan *polycrystalline*. Panel *monocrystalline* terbuat dari potongan leburan silikon murni yang identik dengan warna biru kehitaman menghasilkan efisiensi hingga 17,4%. Sedangkan *polycrystalline* terbuat dari campuran leburan silikon yang identik dengan biru terang namun hanya menghasilkan efisiensi maksimal 14,4%. [5]

Karakteristik panel *monocrystalline* adalah tahan pada suhu kerja yang tinggi dan cocok pada kondisi terik. Sedangkan panel *polycrystalline* cocok untuk kondisi agak teduh dan suhu kerja yang rendah. Contoh bentuk fisik panel surya *monocrystalline* dan *polycrystalline* terlampir pada gambar 8. [6]

Panel surya generasi kedua adalah pengembangan dari panel surya generasi pertama dengan fleksibilitas kelenturan dan tebal silikon yang lebih tipis sehingga penempatan panel surya bisa dilakukan ditempat yang sebelumnya tidak bisa dijangkau pada panel generasi pertama. Panel surya generasi kedua umum disebut *thin film photovoltaic*. Ada tiga jenis panel surya berbasis *thin film* yaitu *amorphous silicon* (a-Si), *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS) and *Cadmium Telluride* (CdTe) solar cells. Ketikanya memiliki masing – masing efisiensi sebesar 9.8%, 13.5% and 14.5%. Panel surya generasi tiga masih dalam penelitian dan belum tersedia secara komersil. [18]



Gambar 8. Panel surya *monocrystalline* (kiri) dan *polycrystalline* (kanan) [18]



Gambar 9. Panel surya *thin film* [18]



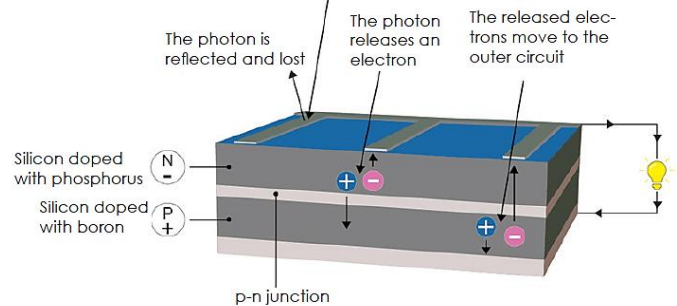
Gambar 10. Panel surya *monocrystalline* 100WP yang digunakan pada penelitian

Panel surya adalah komponen semikonduktor yang merubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari yang digunakan adalah hanya berupa cahaya tampak dengan spektrum cahaya dengan panjang 380 – 750nm (nano meter). Panel surya bekerja dengan prinsip efek *photovoltaic*, dimana suatu benda dapat menghasilkan listrik apabila mendapatkan cahaya. [1]

Panel surya minimal terdiri dari dua lapis semikonduktor yang berbeda, yaitu *N-type* yang kelebihan atom elektron, dan jenis *P-type* yang kekurangan atom elektron. Penjelasan lebih detail adalah dimana panel surya bekerja dengan mengizinkan *photon* (partikel cahaya) menyingkirkan elektron dari atom semikonduktor silikon sehingga menciptakan kekosongan lubang elektron yang disebut *hole*. Akibatnya elektron dari sisi

N-type bergerak menuju *P-type* yang memiliki *hole* yang harus diisi. Prinsip kerja panel surya terdapat pada gambar 11.

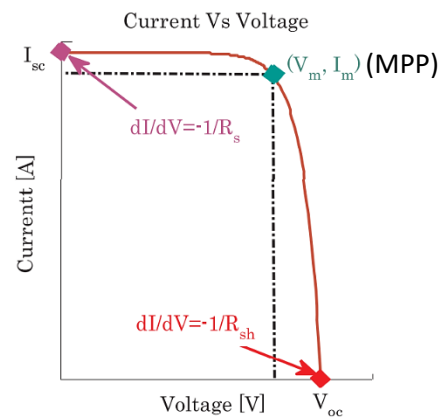
Pergerakan elektron tersebut menghasilkan suatu perbedaan potensial listrik (volt) antara *N-type* (menjadi kutub negatif) dan *P-type* (menjadi kutub positif). Semakin besar kecilnya elektron yang bergerak secara bersamaan diukur menjadi arus listrik (ampere). Kombinasi antara pengukuran volt dan ampere menjadi satuan pengukuran daya yang dihasilkan pada panel surya (watt).



Gambar 11. Prinsip kerja panel surya

Sumber : planete-energies.com/en/medias/close/how-does-photovoltaic-cell-work

Dalam pembahasan daya panel surya, perlu memperhatikan karakteristik tegangan terhadap arus panel surya yang dikenal dengan kurva $V - I$. Berikut penjelasan kurva tegangan dan arus terhadap kinerja panel surya :

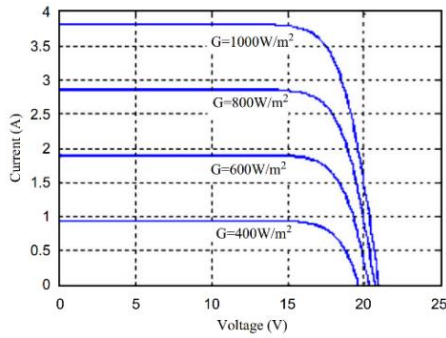


Gambar 12. Kurva tegangan dan arus panel surya [19]

Apabila tegangan panel surya mendekati nilai maksimum yang setara dengan tegangan open circuit (V_{oc}), maka arus akan turun mendekati nol. Apabila arus panel surya mendekati nilai maksimum yang setara dengan arus short circuit (I_{sc}), maka tegangan akan bernilai nol. Bila melihat kurva diatas, harus ada pertimbangan nilai tegangan maksimal (V_m) dan arus maksimal (I_m) untuk mendapat daya tertinggi. Titik ini dinamakan *Maksimum Power Point* (MPP) dari panel surya. [19]

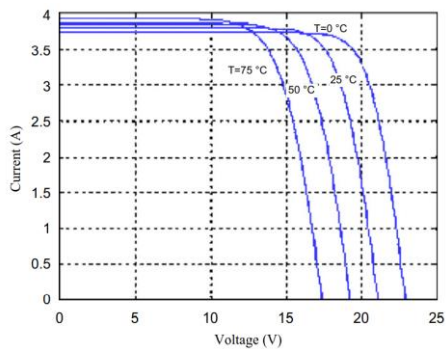
Iradiasi matahari sangat penting kaitannya dengan daya yang dihasilkan panel surya. Berikut kurva kaitan nilai iradiasi dengan daya panel surya terlampir pada gambar 13. Menurut informasi spesifikasi datasheet, panel surya hanya mampu menerima iradiasi sebesar $1000W/m^2$. Dari penjelasan kurva diatas, didapatkan penjelasan bahwa iradiasi mempengaruhi

besar daya panel surya. Semakin rendah iradiasi yang diterima, maka semakin rendah kurva tegangan dan arus panel surya dalam mencapai titik *maksimum power point* (MPP). [20]



Gambar 13. Kurva iradiasi matahari terhadap daya panel surya [20]

Pengaruh suhu operasional panel surya mempengaruhi daya yang dihasilkan panel surya. Suhu sangat berpengaruh khususnya terhadap tegangan yang dihasilkan panel surya, hal ini dikarenakan meningkatnya resistansi internal pada panel surya. Namun akibat peningkatan suhu justru sedikit meningkatkan arus yang dihasilkan panel surya. [20]



Gambar 14. Kurva suhu terhadap daya panel surya [20]

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Sistem Kerja Solar Concentrator Dua Reflektor

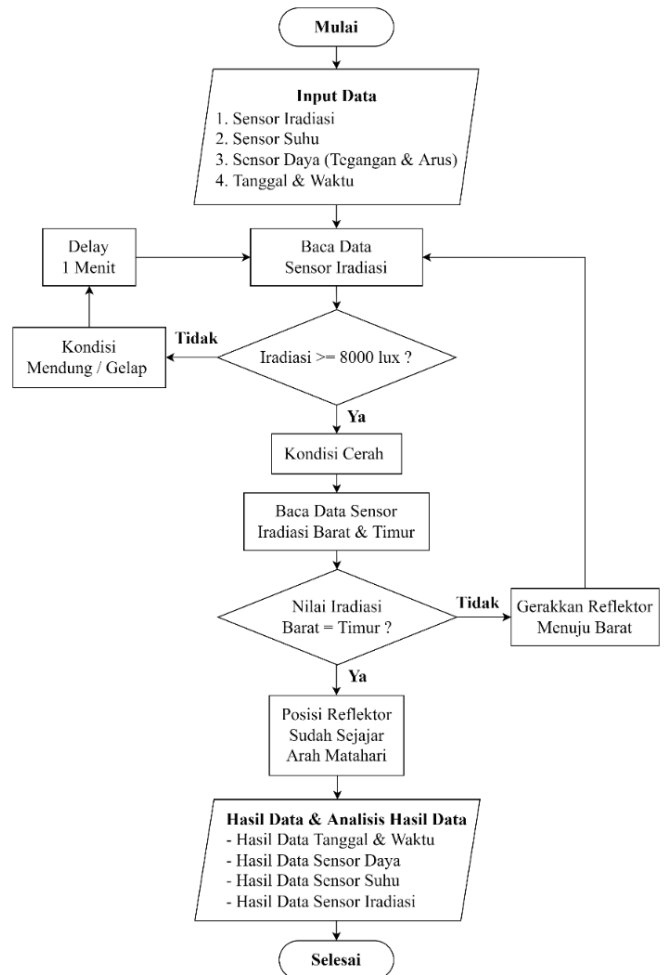
Skripsi ini lebih difokuskan pada unjuk kerja *solar concentrator* yang dikendalikan oleh motor aktuator dengan data pembacaan selisih sensor iradiasi. Terdapat dua buah sensor iradiasi yang terpasang sejajar dan memiliki sekat pembatas. Sensor iradiasi barat dan iradiasi timur akan melakukan pembacaan data iradiasi, apabila pembacaan iradiasi dibawah 8000lux alat akan berada pada kondisi stanby selama 1 menit. Hal ini dianalogikan terjadi kondisi redup, mendung, atau sudah malam.

Bila iradiasi sudah diatas 8000lux, dilakukan pembacaan nilai iradiasi sensor barat dan timur, apabila kedua sensor memiliki pembacaan iradiasi yang bernilai sama maka aktuator tidak bekerja dan dianalogikan posisi reflektor sudah sesuai. Namun apabila ada selisih pembacaan nilai iradiasi, aktuator akan bekerja menggerakkan reflektor menuju timur atau barat hingga kedua nilai iradiasi bernilai sama. Apabila kedua reflektor sudah sejajar, dilakukan *logging data* berupa data

iradiasi, tegangan, arus, daya, dan suhu yang diterima panel surya pada interval setiap 15 menit sekali. *Flowchart* kerja solar concentrator terdapat pada gambar 16.

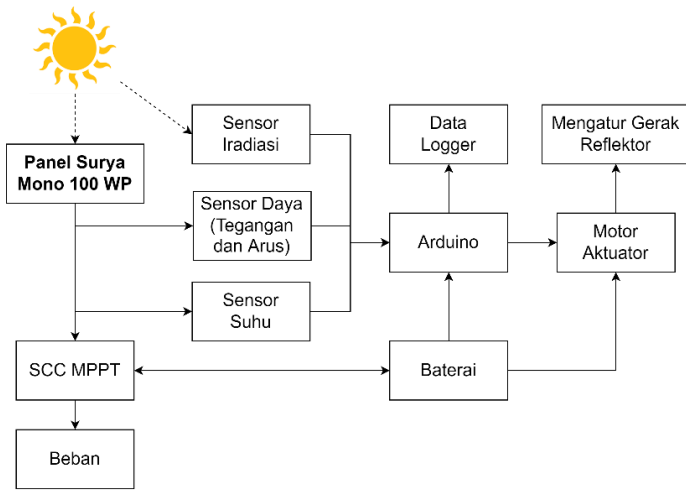


Gambar 15. Prototipe *solar concentrator* dua reflektor



Gambar 16. *Flowchart* kerja solar concentrator

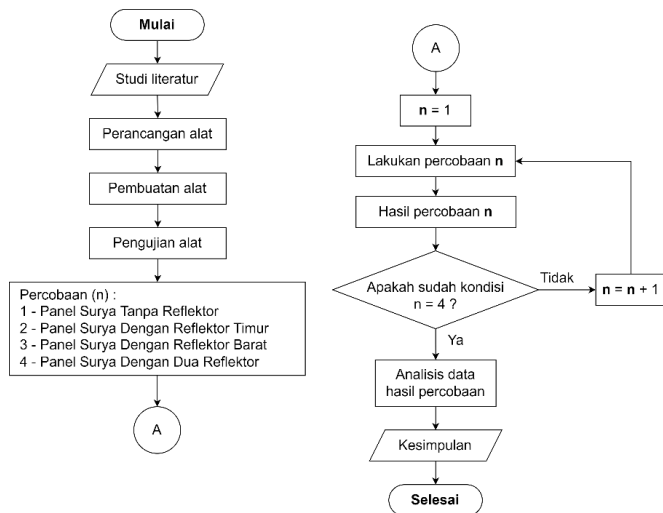
Untuk memperjelas prinsip kerja alat, berikut gambar blok diagram kerja prototipe tertera pada gambar 17.



Gambar 17. Blok diagram alat

B. Tahap Penelitian

Melakukan penelitian terhadap prototipe yang sudah dibuat. Penelitian berjumlah empat tahap pengujian, dengan pengujian pertama tanpa reflektor, pengujian kedua dan ketiga menggunakan salah satu reflektor, dan terakhir menggunakan kedua reflektor. Pengujian dilakukan pukul 8.00 – 16.00 dengan pengambilan data 15 menit sekali secara otomatis. Alur tahap pengujian keseluruhan terlampir pada gambar 18.

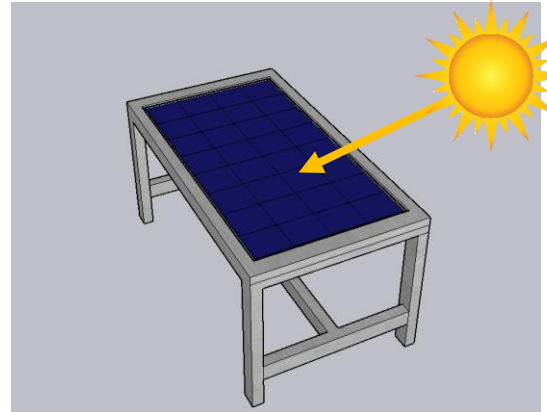


Gambar 18. Alur tahapan penelitian

Setelah dilakukan pengujian, selanjutnya melakukan analisis data dari keempat percobaan, dan melakukan perbandingan analitis dari data yang sudah diperoleh untuk ditarik kesimpulan pada penelitian yang telah di uji cobakan. Penelitian berfokus pada data iradiasi (W/m^2) dan suhu panel surya dalam celcius ($^{\circ}C$) untuk analisis daya (W) dan energi (Wh). Penelitian terdiri dari tiga jenis metode pengujian yang dilakukan secara berurutan dan sistematis dengan penjabaran sebagai berikut :

1. Panel Surya Tanpa Reflektor

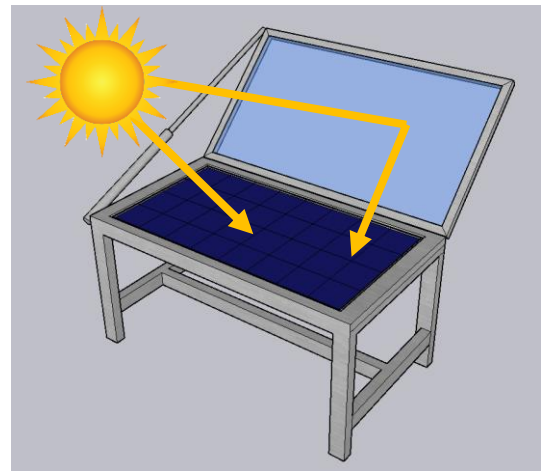
Penelitian pertama menganalisis daya panel surya ketika posisi diam horizontal tanpa penambahan reflektor dengan tujuan meniru penempatan panel surya secara *fixed point*. Hasil data penelitian ini digunakan sebagai *base case* pada penelitian selanjutnya.



Gambar 19. Ilustrasi percobaan tanpa reflektor

2. Panel Surya Dengan Satu Reflektor

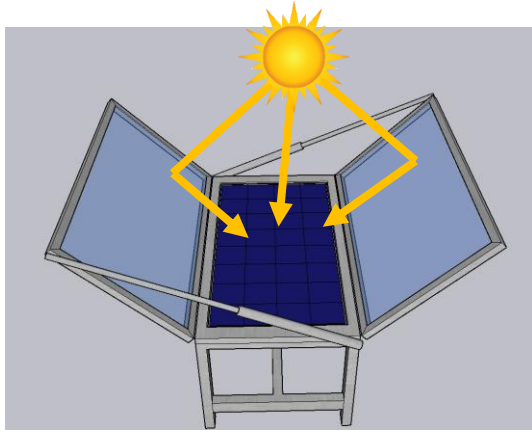
Penelitian kedua menganalisis daya panel surya ketika panel hanya menggunakan satu reflektor. Pertama dilakukan pengujian hanya dengan menggunakan reflektor timur saja, dan selanjutnya dilakukan pengujian hanya menggunakan reflektor barat saja. Data pengujian akan mengetahui perbedaan kinerja panel surya apabila hanya menggunakan satu reflektor dan dengan posisi reflektor yang berbeda.



Gambar 20. Ilustrasi panel surya dengan satu reflektor.

3. Panel Surya Dengan Dua Reflektor

Penelitian terakhir menggunakan prototipe *solar concentrator* dengan dua reflektor yang bergerak secara dinamis sesuai selisih pembacaan sensor iradiasi. Data pengujian yang diperoleh akan dibandingkan dengan dua pengujian sebelumnya untuk mengetahui besar selisih performa panel surya hanya dengan satu dan dengan penambahan dua reflektor.



Gambar 21. Ilustrasi percobaan dua reflektor (tampak samping)

C. Metode Perhitungan Energi

Data daya (W) yang diperoleh dari percobaan akan dikonversi menjadi data energi (Wh). Energi adalah nilai rata-rata penggunaan daya dalam satu jam. Pada pengujian dilakukan *logging data* setiap 15 menit sekali, maka rumus konversi daya menjadi energi sebagai berikut :

$$\text{Energi (Wh)} = \text{daya (W)} \times 15 \text{ menit} \div 60 \text{ menit}$$

D. Data Pendukung Penelitian

Informasi pendukung yang perlu dilampirkan untuk menghindari misinformasi seperti spesifikasi panel surya, MPPT, baterai, jenis beban yang digunakan, dan dimana pengambilan data dilakukan.

Panel surya yang digunakan memiliki kapasitas daya maksimal 100WP, dengan tegangan terbuka 21,8V dan tegangan kerja maksimal 17,8V. Arus hubung singkat 6,05A dan arus kerja maksimal 5,62A. Panel surya yang digunakan berjenis *monocrystalline* dengan efisiensi 16,93% dan rentang suhu operasional hingga 85°C. Spesifikasi panel surya terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi panel surya

Model seri	SP 100-18M
Tegangan nominal maksimal (Vmp)	17,8V
Tegangan terbuka (Voc)	21,8V
Arus nominal maksimal (Imp)	5,62A
Arus hubung singkat (Isc)	6,05A
Daya maksimal (Pmax)	100W
Efisiensi	16,93%
Suhu kerja	-4°C – 85°C

Modul *Solar Charge Controller* (SCC) MPPT yang digunakan berkapasitas kerja tegangan maksimal 75V dan arus maksimal 20A, serta kemampuan menerima panel surya dengan kapasitas hingga 260W.

Baterai yang digunakan adalah dua buah baterai basah (asam timbal atau *lead acid*) berkapasitas 12V dan 10Ah yang diseri, sehingga total menjadi 20Ah. Baterai basah memiliki kelebihan yaitu perawatan mudah dan harga relatif murah, namun mampu menyimpan energi listrik dengan baik.

Beban yang digunakan pada penelitian ini adalah dua buah resistor *wirewound* berkapasitas 5Ω 100W dan 2Ω 100W.

Kedua resistor *wirewound* dipararel sehingga nilai resistansi berubah menjadi 1,43Ω. Resistor *wirewound* digunakan untuk mensimulasikan beban karena resistor bekerja sebagai *dummy load* yang merubah energi listrik menjadi energi panas. Pada tegangan 12V dan resistansi 1,43Ω setara dengan beban 100W dan sudah mendekati kapasitas maksimal panel surya.

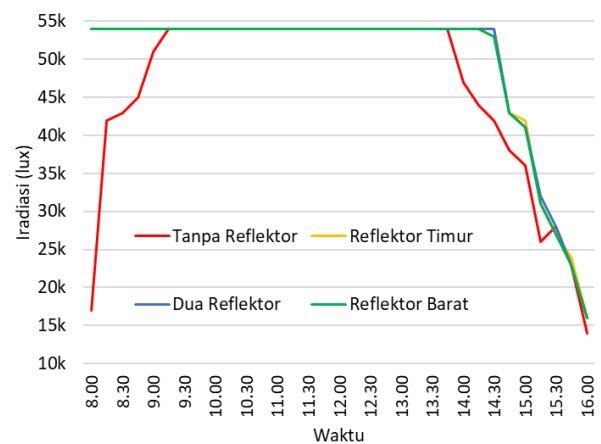
Penelitian dilakukan di atap rumah yang berlokasi di Kota Malang dengan koordinat lokasi 7.913° Lintang Selatan (LS) dan 112.628° Bujur Timur (BT). Penelitian dilakukan dari pukul 8.00 hingga 16.00 dengan pengambilan data setiap 15 menit sekali.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Intensitas Iradiasi Matahari

Hasil pengujian intensitas iradiasi matahari adalah untuk memastikan ketiga percobaan berada pada kondisi iradiasi yang sama. Perbedaan nilai iradiasi akan mempengaruhi keakuratan hasil analisis pada tahap selanjutnya. Data sensor iradiasi menggunakan satuan lux.

Pada pengujian kondisi tanpa reflektor, iradiasi matahari sebelum jam 9.00 pagi dan setelah jam 14.00 siang bernilai lebih rendah daripada metode panel surya yang menggunakan *solar concentrator*. Hal ini dikarenakan posisi panel surya tetap dalam posisi statis kondisi horizontal selama proses pengujian, dan pada pagi dan sore hari posisi matahari tidak tegak lurus dengan panel surya yang menyebabkan pembacaan nilai iradiasi matahari lebih rendah.



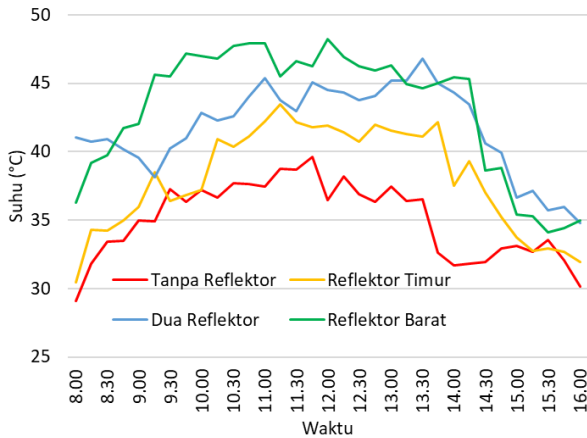
Gambar 22. Kurva intensitas iradiasi matahari

Berikut kurva perbandingan iradiasi matahari dari data ketiga metode pengujian pada tabel diatas yang tertera pada gambar 22. Metode statis tanpa reflektor memiliki iradiasi yang lebih rendah bukan dikarenakan nilai iradiasi yang berbeda, namun dikarenakan posisi panel surya yang tidak tegak lurus dengan matahari (khususnya pada pagi dan sore hari) menyebabkan tidak semua iradiasi terserap dan sebagian besar terpantul kembali.

Begitu juga dengan *solar concentrator*, panel surya memang dalam kondisi diam horizontal, namun kedua reflektor tersebut terus melacak posisi matahari untuk mendapatkan pemusatan iradiasi maksimal menuju permukaan panel surya.

B. Pengaruh Iradiasi Terhadap Suhu Panel Surya

Intensitas iradiasi matahari yang diterima panel surya memiliki pengaruh terhadap peningkatan suhu kerja dari panel surya itu sendiri. Pengujian menggunakan panel surya jenis *monocrystalline* yang memiliki ketahanan suhu kerja hingga 85°C. Berdasarkan pengujian, terjadi peningkatan suhu panel surya pada metode metode *solar concentrator*. Fenomena ini terjadi dikarenakan iradiasi matahari tidak hanya membawa cahaya berupa sinar tampak, namun juga membawa energi panas dalam bentuk radiasi.



Gambar 23. Kurva pengujian data suhu panel surya

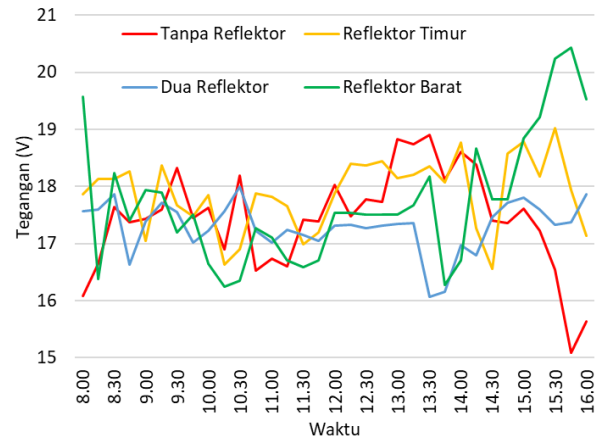
Hasil dari ketiga percobaan adalah semua percobaan masih berada dibawah suhu maskimal dari panel surya *monocrystalline* yaitu 85 derajat celcius. Metode metode *solar concentrator* menghasilkan suhu panel surya yang lebih tinggi daripada tanpa menggunakan reflektor dengan selisih hingga 8 derajat celcius.

C. Analisis Kurva Tegangan

Berikut kurva perbandingan tegangan panel surya ketiga percobaan yang dilakukan. Pada kondisi tanpa reflektor, panel surya mengalami fluktuasi tegangan khususnya ketika pukul 13.00 – 14.00 siang dan jam selanjutnya terjadi drop tegangan yang cukup besar. Hal ini terjadi karena iradiasi matahari pada jam 13.00 keatas mengalami penurunan intensitas cahaya matahari akibat posisi panel surya yang statis. Tegangan panel surya dengan tegangan rata – rata bernilai 17,43V. Metode *solar concentrator* dengan satu reflektor memiliki perbedaan hasil data. Apabila hanya menggunakan reflektor timur, tegangan rata – rata lebih tinggi daripada hanya menggunakan reflektor timur. Tegangan rata – rata reflektor timur bernilai 17,88V, dan tegangan rata – rata reflektor barat bernilai 17,71V. Terakhir metode *solar concentrator* dengan dua reflektor, tegangan lebih stabil dengan tegangan rata – rata bernilai 17,30V.

Panel surya yang digunakan pada penelitian ini memiliki tegangan kerja nominal (V_{mp}) sebesar 17,8V dan tegangan terbuka (V_{oc}) berkisar 21,8V pada tabel 3.8. Dapat disimpulkan penambahan reflektor akan menurunkan tegangan rata – rata panel surya, daripada tidak menggunakan reflektor. Namun tegangan terendah dan tegangan tertinggi dari panel surya lebih

stabil menggunakan reflektor daripada tanpa menggunakan reflektor.



Gambar 24. Hasil analisis kurva tegangan

Tabel 2. Analisis data tegangan

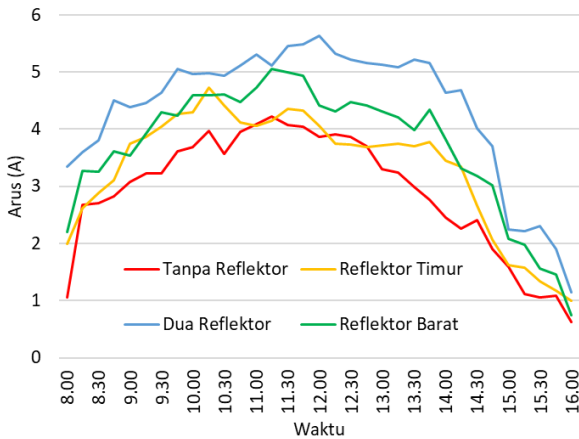
Analisis Tegangan	Tanpa Reflektor	Satu Reflektor		Dua Reflektor
		Timur	Barat	
Tegangan rata – rata	17,43V	17,88V	17,71V	17,30V
Tegangan tertinggi	18,91V	19,02V	20,44V	18,00V
Tegangan terendah	15,09	16,55V	16,24	16,07V

D. Analisis Kurva Arus

Berikut kurva perbandingan arus panel surya ketiga percobaan yang dilakukan. Berdasar hasil kurva pada gambar 25, secara kontras perbedaan dari setiap percobaan dimana metode *solar concentrator* menghasilkan arus yang jauh lebih besar daripada tanpa *solar concentrator* baik itu hanya satu reflektor maupun dengan dua reflektor. Pengujian panel surya tanpa reflektor, mendapatkan arus rata – rata hanya sebesar 2,91A. Selanjutnya pengujian panel surya *solar concentrator* dengan satu reflektor menghasilkan arus rata – rata sebesar 3,31A pada reflektor timur saja dan sebesar 3,69A pada reflektor barat saja. Pengujian terakhir menggunakan *solar concentrator* dengan dua reflektor didapatkan arus rata – rata sebesar 4,36A. Sehingga berdasar hasil pengujian, metode *solar concentrator* menjadi metode terbaik dalam memaksimalkan daya keluaran panel surya. Hal ini dikarenakan fungsi reflektor yang memusatkan iradiasi matahari yang secara langsung berimbas pada meningkatnya arus panel surya.

Panel surya yang digunakan pada penelitian ini memiliki arus kerja nominal (I_{mp}) sebesar 5,62A dan arus hubung singkat (I_{sc}) berkisar 6,05A pada tabel 3.8. Berdasarkan analisis data pada tabel 4.7, metode *solar concentrator* memiliki arus tertinggi yang mendekati I_{mp} . Serta pembacaan data arus rata – rata, arus tertinggi dan arus terendah yang masih lebih baik daripada kedua metode sebelumnya. Sehingga dapat disimpulkan, *solar concentrator* bekerja lebih baik dalam hal nominal arus yang dihasilkan sebagai respon penggunaan dua

buah reflektor pada panel surya yang mampu meningkatkan penerimaan iradiasi matahari.



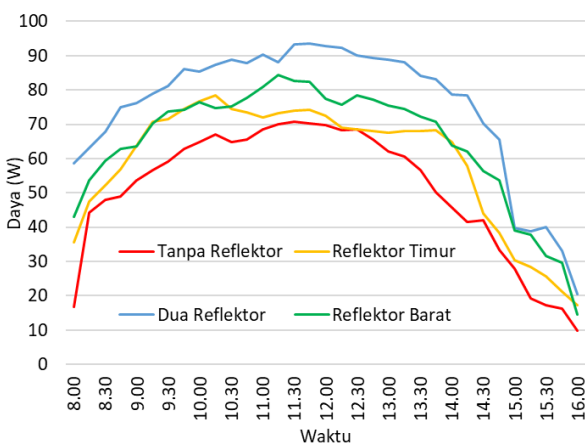
Gambar 25. Hasil analisis kurva arus

Tabel 3. Analisis data arus

Analisis Arus	Tanpa Reflektor	Satu Reflektor		Dua Reflektor
		Timur	Barat	
Arus rata – rata	2,91A	3,31A	3,69A	4,36A
Arus tertinggi	4,22A	4,72A	5,05A	5,63A
Arus terendah	0,63A	1,00A	0,74A	1,15A

E. Analisis Kurva Daya

Berikut kurva perbandingan daya keluaran panel surya ketiga percobaan yang dilakukan. Berdasar hasil kurva pada gambar 26, secara kontras perbedaan dari setiap percobaan dimana metode *solar concentrator* menghasilkan daya yang jauh lebih besar daripada kedua metode sebelumnya. Nilai daya didapat dari perkalian tegangan (volt) dan arus (ampere) dengan satuan watt.



Gambar 26. Hasil analisis kurva daya

Pada panel surya tanpa reflektor, daya rata – rata yang dihasilkan adalah sebesar 51,12W. Selanjutnya pada panel surya *solar concentrator* dengan satu reflektor menghasilkan daya rata – rata sebesar 58,98W pada reflektor timur saja dan

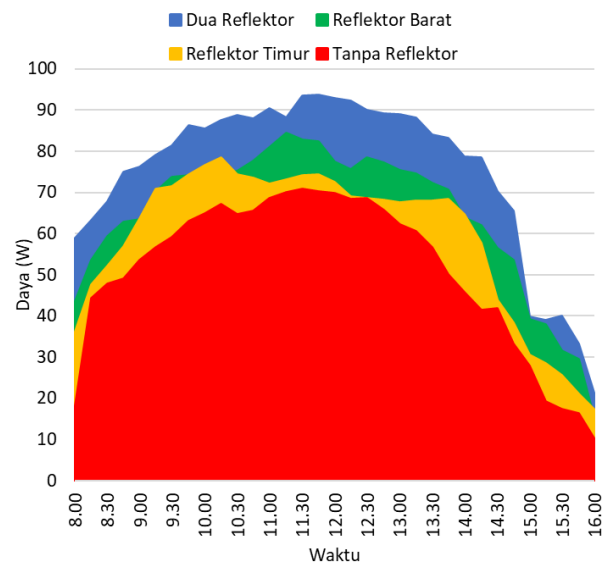
sebesar 64,38W pada reflektor barat saja. Pengujian terakhir dengan *solar concentrator* dua reflektor, daya rata – rata yang dihasilkan adalah 75,04W. Dapat disimpulkan *solar concentrator* mampu meningkatkan daya yang dihasilkan panel surya secara signifikan.

Tabel 4. Analisis data daya

Analisis Daya	Tanpa Reflektor	Satu Reflektor		Dua Reflektor
		Timur	Barat	
Daya rata – rata	51,12W	58,98W	64,38W	75,04W
Daya tertinggi	70,76W	78,39W	84,38W	93,61W
Daya terendah	9,86W	17,18W	14,46W	20,57W

F. Analisis Hasil Jumlah Energi

Energi (Wh) adalah jumlah satuan daya rata -rata yang dihasilkan atau diserap selama waktu tertentu. Dalam hal ini pengujian dilakukan pengambilan data daya setiap 15 menit sekali.



Gambar 27. Hasil analisis kurva energi

Metode tanpa reflektor menghasilkan total energi 419Wh. Metode *solar concentrator* satu reflektor menghasilkan energi 483Wh pada reflektor timur saja, dan energi 528Wh pada reflektor barat saja. Terakhir metode *solar concentrator* menghasilkan total energi 614Wh. Untuk mendapatkan besar persentase peningkatan energi yang dihasilkan setiap metode, berikut rumus perhitungannya :

$$\% \text{ Peningkatan} = \left(\frac{\text{nilai baru} - \text{nilai lama}}{\text{nilai lama}} \right) \times 100\%$$

Hasil dari ketiga percobaan adalah metode solar tracker jauh unggul dibandingkan metode sebelumnya, dengan peningkatan energi hingga 46% daripada kondisi statis pengujian dari pukul 8.00 pagihingga 16.00 sore. Berikut total penjumlahan energi (Wh) yang dihasilkan :

Tabel 5. Perbandingan hasil total energi yang dihasilkan

Metode	Total Energi (Wh)	Besar Peningkatan Energi (8.00 – 16.00)
Tanpa Reflektor	419	-
Reflektor Timur Saja	483	$\left(\frac{483 - 419}{419}\right) \times 100\% = 15\%$
Reflektor Barat Saja	528	$\left(\frac{528 - 419}{419}\right) \times 100\% = 26\%$
Dua Reflektor	614	$\left(\frac{614 - 419}{419}\right) \times 100\% = 46\%$

V. PENUTUP

Berikut kesimpulan hasil pengujian diperoleh yaitu :

1. Prototipe *solar concentrator* mampu mengikuti arah dan memusatkan iradiasi matahari menuju permukaan panel surya, sehingga iradiasi yang diterima lebih konstan dan berimbang pada peningkatan daya panel surya secara optimal.
2. Hasil pengujian performa panel surya didapatkan suhu panel surya menggunakan *solar concentrator* mengalami peningkatan hingga 8 derajat celsius daripada tanpa menggunakan *solar concentrator*. Penggunaan *solar concentrator* justru sedikit menurunkan tegangan rata – rata dari panel surya, namun arus rata – rata justru meningkat secara signifikan. Akibatnya daya rata – rata panel surya meningkat, dan energi yang dapat dihasilkan oleh panel surya *solar concentrator* sebesar 614Wh dibandingkan tanpa reflektor sebesar 419Wh dengan persentase peningkatan hingga 46 persen.

VI. REFERENSI

- [1] M. S. Islam, M. Fayyaz Khan, and M. S. Islam, "Solar PV output under different wavelength of light: A Simulation Based Study," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 1037–1042, 2018, doi: 10.14299/ijser.2018.02.022.
- [2] D. Rana, G. Kumar, and A. R. Gupta, "Increasing the Output Power and Efficiency of Solar Panel by Using Concentrator Photovoltaic (CPV) and Low Cost Solar Tracker," *Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Technol. CICT 2018*, no. Cict, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/CICT.2018.8480199.
- [3] A. Asrori, I. Mashudi, and S. Suyanta, "Pengujian Rasio Kinerja Instalasi Panel Surya Tipe Silikon–Kristal pada Kondisi Cuaca Kota Malang," *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 2, no. 02, pp. 11–18, 2019, doi: 10.33795/jetm.v2i02.41.
- [4] M. Gupta, A. K. Dubey, V. Kumar, and D. S. Mehta, "Experimental study of combined transparent solar panel and large Fresnel lens concentrator based hybrid PV/thermal sunlight harvesting system," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 63, pp. 33–40, 2021, doi: 10.1016/j.esd.2021.05.008.
- [5] L. F. Mulcué-nieto, L. F. Echeverry-cardona, M. Restrepo-franco, and G. A. García-gutiérrez, "Energy performance assessment of monocrystalline and polycrystalline photovoltaic modules in the tropical mountain climate: The case for Manizales-Colombia," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 2828–2835, 2020, doi: 10.1016/j.egy.2020.09.036.
- [6] N. S. Baghel and Nikhil Chander, "Performance comparison of mono and polycrystalline silicon solar photovoltaic modules under tropical wet and dry climatic conditions in east-central India," *Clean Energy*, vol. 6, no. September 2021, pp. 165–177, 2022.
- [7] M. Mansoor O, S. P. Simon, K. A. Kumar, K. Sundareswaran, P. S. R. Nayak, and N. P. Padhy, "Impact and economic assessment on solar PV mirroring system – A feasibility report," *Energy Convers. Manag.*, vol. 203, no. October, p. 112222, 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2019.112222.
- [8] D. V. Nithin Kumar and M. R. Stalin John, "A Review on Solar Tracking Methods," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 912, no. 4, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/912/4/042045.
- [9] G. Wang, F. Wang, Z. Chen, P. Hu, and R. Cao, "Experimental study and optical analyses of a multi-segment plate (MSP) concentrator for solar concentration photovoltaic (CPV) system," *Renew. Energy*, vol. 134, pp. 284–291, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2018.11.009.
- [10] U. Nazir and S. Kaur, "Maximum Solar Power Generation with Mirror Technology by Optimization of Tilt angle," *Proc. 2nd Int. Conf. Electron. Commun. Aerosp. Technol. ICECA 2018*, no. March 2018, pp. 1894–1898, 2018, doi: 10.1109/ICECA.2018.8474854.
- [11] J. S. Choi, B. G. Choi, J. H. Kim, S. T. Ryu, C. T. Rim, and Y. S. Kim, "New curved reflectors for significantly enhanced solar power generation in four seasons," *Energies*, vol. 12, no. 23, 2019, doi: 10.3390/en12234602.
- [12] W. Manosroi, P. Prompattra, and P. Kerngburee, "Performance improvement of two-axis solar tracking system by using flat-mirror reflectors," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 9–14, 2020, doi: 10.1016/j.egy.2020.10.029.
- [13] F. S. Zainulabdeen, A. H. Al-Hamdani, G. S. Karam, and J. H. Ali, "Improving the performance efficiency of solar panel by using flat mirror concentrator," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2190, no. December, 2019, doi: 10.1063/1.5138540.
- [14] R. Asri, K. Friansa, and S. Siregar, "Predicting Solar Irradiance Using Regression Model (Case Study: ITERA Solar Power Plant)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 830, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/830/1/012080.
- [15] A. Das and S. Durgaprasad, "Simulation and Implementation of Single Axis Solar Tracker," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 5, p. 756, 2020.
- [16] A. Peinado Gonzalo, A. Pliego Marugán, and F. P. García Márquez, "A review of the application performances of concentrated solar power systems," *Appl. Energy*, vol. 255, no. March, p. 113893, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113893.
- [17] M. Arun, "Types of Solar Cells and its Applications," *IJSDR1902043 Int. J. Sci. Dev. Res.*, vol. 4, no. 2, pp. 260–267, 2019, [Online]. Available: www.ijdsr.org.
- [18] P. H. Yang and M. Wang, "Actual Performances of PV Panels in the Local Environment Final Report Prepared by : Renewable Energy Research Group (RERG), Department of Building Services Engineering , Team leader : Team members :," no. January, 2020.
- [19] R. Abbassi, A. Abbassi, M. Jemli, and S. Chebbi, "Identification of unknown parameters of solar cell models: A comprehensive overview of available approaches," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 90, no. December 2017, pp. 453–474, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.03.011.
- [20] M. Alzahrani, K. Shanks, and T. K. Mallick, "Advances and limitations of increasing solar irradiance for concentrating photovoltaics thermal system," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 138, no. February, p. 110517, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2020.110517.
- [21] P. R. Michael, D. E. Johnston, and W. Moreno, "A conversion guide: Solar irradiance and lux illuminance," *J. Meas. Eng.*, vol. 8, no. 4, pp. 153–166, 2020, doi: 10.21595/jme.2020.216

OPTIMALISASI DAYA MENGUNAKAN REFLEKTOR DALAM RANCANG BANGUN PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE 100WP

by Adi Darmawan Pratomo

Submission date: 21-Sep-2022 03:15PM (UTC+0700)

Submission ID: 1905247321

File name: Jurnal_Skripsi_1812070_Adi_Darmawan_Pratomo_-_Adi_Darmawan.pdf (1.17M)

Word count: 5212

Character count: 31775

OPTIMALISASI DAYA MENGGUNAKAN REFLEKTOR DALAM RANCANG BANGUN PANEL SURYA MONOCRYSTALLINE 100WP

ORIGINALITY REPORT

12%

SIMILARITY INDEX

7%

INTERNET SOURCES

9%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	ijpeds.iaescore.com Internet Source	1%
2	Bagus Radiant Utomo, Irfan Isdhianto, Hadi Kusnanto, Muhammad Iwan, Edi Sarwono, Hassan Khamis Hassan. "Analisa Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kinerja Modul Photovoltaic Cell", Creative Research in Engineering, 2022 Publication	1%
3	Submitted to Deakin University Student Paper	1%
4	123dok.net Internet Source	1%
5	Ricardo Conceição, José González-Aguilar, Ahmed Alami Merrouni, Manuel Romero. "Soiling effect in solar energy conversion systems: A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2022 Publication	1%

6	Wawan Destiawan, LMF Purwanto. "Radiasi termal pada smart glass sebagai komponen courtyard dalam rumah tinggal modern tropis", JURNAL ARSITEKTUR PENDAPA, 2021 Publication	1 %
7	re.emsd.gov.hk Internet Source	1 %
8	Submitted to University of Nottingham Student Paper	1 %
9	jurnal.umj.ac.id Internet Source	1 %
10	Shravan Kumar Singh, Nikhil Chander. "Mid-life degradation evaluation of polycrystalline Si solar photovoltaic modules in a 100 kWp grid-tied system in east-central India", Renewable Energy, 2022 Publication	1 %
11	revistas.udea.edu.co Internet Source	1 %
12	Abed Mourad, Abderrahmane Aissa, Zafar Said, Obai Younis, Misbah Iqbal, Anas Alazzam. "Recent advances on the applications of phase change materials for solar collectors, practical limitations, and challenges: A critical review", Journal of Energy Storage, 2022 Publication	1 %

13

repository.ub.ac.id

Internet Source

1 %

14

Md. Rifad Haider, Abu Shufian, Md. Nazmul Alam, Md Imran Hossain, Riadul Islam, Md. Anwarul Azim. "Design and Implementation of Three-Axis Solar Tracking System with High Efficiency", 2021 International Conference on Information and Communication Technology for Sustainable Development (ICICT4SD), 2021

Publication

1 %

15

Zakaria Bouzid, Yasmine Halimi. "Performance Enhancement of Eucalyptus Extract Based Dye Sensitized Solar Cell Using /Embedded Capsaicin Photoanode ", IEEE Sensors Journal, 2022

Publication

1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography Off