

## PENGGUNAAN MEKANISME TRACKER DUAL AXIS UNTUK OPTIMASI DAYA SOLAR PV SKALA 10 WP DENGAN ARDUINO

**Hamzah Ibnu Yasin**

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahidiyah  
hamzahibnuyasin@gmail.com

**Abdullah Faizal**

Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahidiyah  
abdullah\_faizal@uniwa.ac.id

### Abstrak

Solar PV merupakan teknologi alternatif pemanfaatan energi matahari saat ini, energi tersebut selalu tersedia dan tidak akan habis. Perlakuan solar PV terdapat dua tipe yaitu statis dan dinamis. Solar PV statis dengan posisi panel satu sudut menghadap matahari dalam sehari. Solar PV dinamis memposisikan panel pada sudut diklinasi dan inklinasi matahari. Pada penelitian ini akan membuat prototype untuk mengambil data optimal Solar PV untuk dibandingkan hasil efisiensinya. Sebagai variabel dua buah solar PV berskala 10 WP jenis polycrystalline untuk perbandingan hasil daya dari perlakuan yang berbeda. Solar PV dinamis (tracker) dibantu dengan mikrokontroler ATmega 328P sebagai penggerakannya. Solar PV statis diatur dengan sudut 150 menghadap arah utara dan sudut dinamis arah datangnya cahaya matahari dari terbit hingga terbenam. Perbandingan hasil dilakukan setiap 1 jam sekali dalam pendataan yaitu pukul 08.00-16.00 WIB. Didapatkan jumlah rata-rata daya output maksimum solar PV statis dengan sudut 150 mengarah ke utara 8,793 Watt dengan efisiensi 0,000003% dan solar PV dinamis dengan sudut 970-1560 menghadap ke utara 9,963 Watt dengan efisiensi 0,000004%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan solar PV dengan tracking system lebih efisien dibandingkan dengan solar PV statis dengan perbandingan 1:1,3.

**Kata Kunci:** isi, format, artikel.

### PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang merupakan daerah katulistiwa sangat besar potensinya untuk pembangkit bersumber energi matahari. Dimana sinar matahari yang diterima oleh bumi mencapai 1000 W/m<sup>2</sup> (Wibawa Endra Juwana, 2012). Modul sel surya statis yang terpasang di daerah yang mempunyai ketinggian setara dengan permukaan air laut mampu menerima sinar matahari 70% dalam sehari dan kemampuannya terus berkurang seiring peningkatan dari lokasi pemasangan (Sutaya, 2015). Peningkatan ekonomi Indonesia yang semakin jelas 7-10% pertahun, konsumsi listrik dan peningkatan jumlah emisi di Indonesia juga akan meningkat dengan cepat. Sehingga pemanfaatan teknik tenaga surya merupakan sumber energi yang menjanjikan hingga abad ke 21 (Boedoyo, 2012). Untuk meningkatkan efisiensi energi, solar tracker merupakan modifikasi dari solar PV statis yang permukaan sel surya dan arah sumbu dapat bergerak mengikuti arah sumber sinar matahari menjadi salah satu peningkat efisiensi penghasil daya energi.

Energi matahari atau surya adalah suatu energi cahaya dan panas yang dipancarkan oleh matahari. Pemanfaatan energi surya ini dapat digunakan dalam serentain teknologi, seperti teknologi energi pemanas surya; teknologi fotovoltaik surya atau teknologi solar PV dan teknologi fotosintesis buatan (Agency, 2018).

Teknologi energi matahari ini secara umum dikategorikan dalam teknologi Statis dan teknologi Dinamis, pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, perubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh teknologi solar PV statis yaitu pemanfaatan cahaya matahari mengambil secara langsung dari atap rumah untuk penerangan ruang dalam rumah saja dengan memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik, sedangkan contoh lain dalam teknologi Dinamis pemanfaatan energi surya yaitu memanfaatkan energi surya berupa sel fotovoltaik dirubah menjadi energi listrik untuk kebutuhan sehari hari.

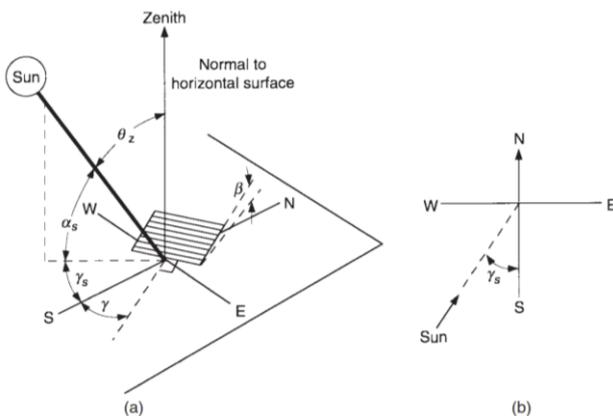
Energi surya yang dipancarkan ke bumi sangatlah besar manfaatnya jika kita ketahui lebih dalam. Indonesia yang merupakan daerah sekitar katulistiwa dan daerah tropis dengan luas daratan hampir 2 juta , dikaruniai penyinaran matahari lebih dari 6 jam sehari atau sekitar 2.400 jam dalam setahun. Energi surya dimuka bumi Indonesia mempunyai intensitas antara 0,6- 0,7 kW/m<sup>2</sup> (I. M. Putra et al., 2018). Intensitas radiasi rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari, NTB dan Papua tertinggi 5,7 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan Bogor terendah 2,56 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Intensitas radiasi ini sangat tergantung dengan cuaca dan awan (Boedoyo, 2012).

Matahari menyinari bumi dan planet yang lainnya memiliki sudut lintas tersendiri, jalur yang berbeda dalam setiap pergerakan revolusinya terhadap planet. Pada dasarnya prinsip kerja sel surya ini menggabungkan

silikon jenis p dan jenis n. Silikon jenis p merupakan silikon berkarakter positif karena kekurangan elektron yang dikandungnya, sebaliknya silikon jenis n adalah silikon berkarakter negatif akibat dari kelebihan elektron. Ketika menerima (dikenai) radiasi surya (berupa foton) pada keduanya (silikon jenis p dan n) terbentuk positif (hole) dan negatif (elektron). Hal ini menyebabkan terciptanya polarisasi dimana hole bergerak menuju silikon jenis n. Dengan menyambungkan kedua jenis silikon (jenis p dan jenis n) melalui suatu penghantar luar maka terjadi beda potensial diantara keduanya dan mengalirkan arus searah (Ch, 2010).

Pada umumnya posisi statik solar PV telah mampu mencapai efisiensi hingga 40% (V. Poulek, 1998). Dalam eksperimen yang dilakukan oleh (Ubaidillah, 2012) daya luaran rata – rata 25.75W dengan efisiensi sekitar 23.8% lebih tinggi 10% dibandingkan solar PV statis. Solar PV statis dengan sudut 45 derajat secara statis dengan hasil kurang maksimum yaitu pada daya 84,409 Wh selama sehari sedangkan untuk *sun tracker* didapatkan produksi energi sebesar 102,591 Wh selama sehari.

Posisi sudut matahari pada siang hari matahari, ketika matahari berada di meridian lokal sehubungan dengan bidang katulistiwa, positif utara;  $-23,45 \leq \delta \leq 23,45$  sehingga menjadikan terciptanya sudut deklinasi pada orbit matahari (John A. Duffie, 2013).



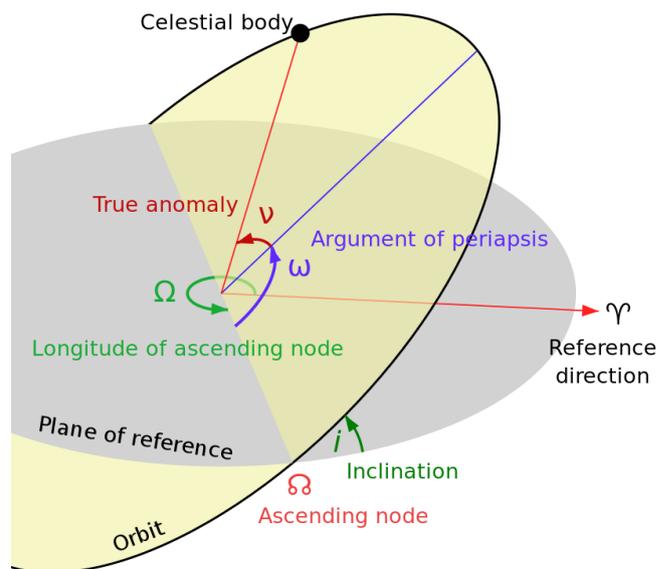
Gambar 1. (a) Sudut zenit, kemiringan, permukaan sudut azimuth, sudut azimuth surya untuk kemiringan permukaan. (b) gambaran tampilan sudut azimuth matahari.

Sudut deklinasi ini akan berlaku ketika matahari bergerak sesuai dengan arah garis katulistiwa dengan mempertahankan posisi sudut matahari terhadap permukaan bidang yaitu solar tracker. Sedangkan posisi awal untuk solar tracker mendapatkan cahaya matahari dengan sudut inklinasinya untuk beradaptasi dengan sensor cahayanya. Menurut (Akhmad Syaikh, 2010), deklinasi adalah jarak sudut antara sebuah benda langit (matahari) dengan khatulistiwa langit.

Sudut antara bidang yang menjadi acuan dengan bidang yang diukur kemiringannya (Army, 2013) menjadikan sudut inklinasi. Sudut ini akan bekerja pada saat matahari terbit dari garis katulistiwa terhadap solar PV keadaan statis dari sudut awal  $180^0$  dari permukaan bumi dan menciptakan sudut kemiringan terhadap solar PV. Hal ini dikarenakan keadaan permukaan tetap sehingga inklinasi matahari bergerak sesuai dengan bidang yang menjadi acuan yaitu solar PV statis tersebut dengan sudut antaranya.

Suatu penelitian penggunaan sudut azimuth pada solar PV mekanik dual axis dengan menggunakan metode azimuth & elevation. Dari gambar yang dijelaskan olehnya terlihat bahwa daya tertinggi yang dihasilkan oleh MPPT mekanik dicapai pada pukul 12 yaitu 62 Wp, dan pada waktu yang sama MPPT (Maximum Power Point Tracking) elektrik hanya menghasilkan daya sebesar 55 Wp.

Dengan kata lain perlakuan sistem mekanik dual axis di panel tersebut diterapkan menghasilkan daya 11, 29% lebih tinggi dari MPPT elektrik. Akan tetapi untuk setting awal maka harus diketahui terlebih dahulu mengenai sudut  $0^0$  dari sebelah utara agar sudut azimuth yang akan dikalibrasi dapat sesuai, hal ini karena sifat dari azimuth yang bergerak sekian derajat dari sebelah utara. Setelah titik azimuth ditentukan, langkah selanjutnya adalah menentukan titik elevasi yang sebelumnya telah diprediksi berdasarkan waktu (Suhariningsih, Eka Prasetyono, Diah Septi Yanaratri, Ony Asrarul Qudsi, & Sutedjo, 2017).



Gambar 2. tampilan sudut inklinasi 'i' (hijau) dan orbit lainnya (Army, 2013)

Peningkatan energi antara solar PV dengan sudut 45 derajat dengan sun tracker sebesar 22% (I. M. Putra et al., 2018). Kita tahu pasti pada umumnya di dalam menggunakan solar tracker jelas lebih efisien dibanding

dengan solar PV biasa, akan tetapi kami akan meneliti dan membahas tentang bagaimana optimasi daya yang dibutuhkan (input) dan dihasilkan (output) oleh solar tracker itu sendiri sedangkan komponen penunjang solar tracker sendiri membutuhkan daya energi listrik agar bisa bergerak dan selain itu dapat mengetahui seberapa besar nilai efisiensi daya total yang dihasilkan oleh solar tracker dibandingkan dengan solar PV statis.

Penggunaan solar PV dilapangan ada beberapa jenis keping panel seperti monokristal (*Mono-crystalline*) Si silikon kristal tunggal hasil dari peleburan silikon berbentuk bujur. Jenis keping *Mono-crystalline* dapat dibuat setebal 200 mikron, memiliki nilai efisiensi kurang lebih 24%. Polikristal (*Poly-Crystalline*) terbuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon memiliki efisiensi lebih rendah dengan efektifitas 18% dibandingkan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang cenderung lebih rendah (Mintorogo, 2000).

Pada keping panel *Thin Film Photovoltaic* solar PV (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokristal silikon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 25% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal & polikristal (Mintorogo, 2000).

Inovasi pada pemosisian solar PV agar mendapatkan hasil energi maksimal diterapkan *Solar tracker* dengan menggunakan fasilitas tracker bergerak untuk berusaha mendapat sinar matahari secara tegak lurus, dibanding dengan menggunakan solar PV dengan posisi tetap. Menurut riset peneliti sebelumnya penggunaan *dual axis tracking system* dapat mengumpulkan daya 692 kWh/m<sup>2</sup> dalam 1 tahun lebih besar dibanding dengan penggunaan solar PV statis, dan *horizontal axis tracking system* mengumpulkan daya 242 kWh/m<sup>2</sup> dari data daya tertinggi solar PV dinamis diambil didaerah spanyol (Simón-martín & Alonso-tristán, 2014)

Dalam pergerakan strategi penggunaan *tracking system* dalam menghasilkan efisiensi daya berpengaruh terhadap daya output. Dengan strategi *pseudo-azimuthal mounting* dan *declination-clock mounting* dalam mempertahankan efisiensi daya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kesalahan pelacakan dari strategi pelacakan normal di bawah 0,15°. Jadi perlakuan strategi untuk tracking system bisa memberikan akurasi pelacakan yang tinggi untuk sistem tenaga surya (Yao, Hu, Gao, Yang, & Du, 2014).

Pada suatu penelitian, sistem pelacakan matahari aktif (*active solar tracking system*) adalah sistem yang menentukan posisi jalur matahari di langit pada siang hari dengan sensor. Toleransi kesalahan posisi matahari adalah antara 0,5 ° hingga 1°. Sistem pelacakan aktif dibantu

dengan berbagai jenis kontrol *tracking* seperti berbasis mikroprosesor, berbasis sensor optik, metode tanggal dan waktu, dan alat bantu solar PV lainnya (Hafez, Yousef, & Harag, 2018).

Sistem pelacakan matahari oleh solar PV lebih efektif menggunakan 2 arah (*dual axis*) sebagaimana pada penelitian di Brasil selatan berkenaan efektifitas penangkapan cahaya matahari yang lebih ekstrim munculnya, penelitian ini menghasilkan peningkatan efisiensi dari keuntungan bulanan rata-rata bervariasi dari 17,20% dan 31,1% hasil tersebut memperkuat bahwa alternatif penggunaan *solar tracker dual axis* lebih baik (Hoffmann, Molz, Kothe, Nara, & Tedesco, 2018).

Perancangan solar tracking system berbasis Arduino dilakukan juga oleh (Fardani, 2018) bahwa alat tersebut dapat bergerak mengikuti sinar matahari dan digunakan pada semua wilayah atau area, dengan menggunakan solar tracker yang dirancang energi matahari dapat diserap dan dihasilkan lebih optimal dibandingkan tanpa menggunakan solar tracker. Alat ini dapat diterapkan pada semua wilayah dan dapat membantu pemerintah dalam upaya mengatasi masalah energi terutama pengoptimalan energi alternatif.

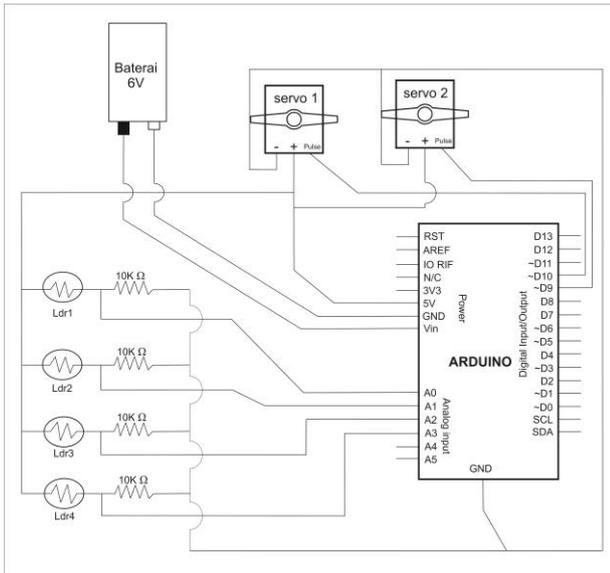
Dari berbagai kejadian sudah disebutkan diatas, pernyataan tentang beberapa penelitian tersebut pada rumusan masalah ini akan meneliti hal diatas untuk bisa dijadikan acuan atau referensi lain dengan mengaitkan beberapa sumber dan pemanfaatan nilai efisiensinya digunakan di dunia maya saat ini.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperiment dengan membuat alat penelitian beserta pengoprasian dan pengambilan data dari solar tracker. Teknik pengumpulan data yang diambil dengan melakukan pengamatan dan analisis berdasarkan subyek penelitian pengukuran output energi solar PV, perlakuan sudut panel dan kondisi cuaca atau musim. Adapun perlakuan sudut yang akan digunakan adalah 15<sup>0</sup> solar PV statis terhadap arah utara dan sudut 90<sup>0</sup> digunakan solar PV dinamis terhadap arah utara.

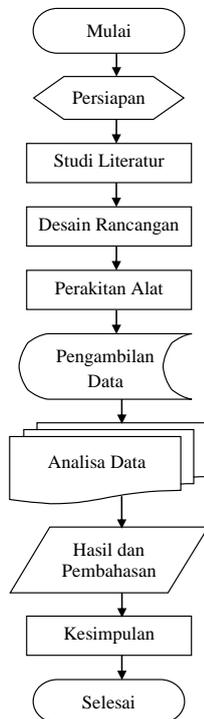
Variabel bebas yang dalam penelitian ini adalah satuan daya dan kuat arus, sudut kemiringan solar PV, *solar PV* 10 WP, kabel tembaga serabut, sensor ldr, resistor, mikrokontroler ATmega 328P. Sedangkan Variabel terikat yang digunakan adalah nilai optimasi dari efisiensi daya solar PV statis dan dinamis.

Alat yang digunakan untuk membantu penelitian ini adalah sebagai berikut: solar PV, volt meter/ AVO, servo, arduino UNO, anemometer, baterai 6 V, kabel solar PV, sensor LDR, resistor/ tahanan.



Gambar 3. Skema instalasi mikrokontroler

Penelitian ini dilaksanakan sesuai alur yang sudah tersusun sebagaimana berikut:



Gambar 4. Bagan alur penelitian

Pemodelan mekanik pada sistem traker ini menggunakan motor servo secara langsung menggunakan tangan torsi pada motor servo dengan kapasitas torsi maksimum 10 Kg untuk memutar solar PV dengan beban 1,2 Kg. Motor servo dibutuhkan 2 buah untuk memutar arah sumbu x dan arah sumbu y dengan pengaturan derajat masing-masing sebanyak 120<sup>0</sup> bolak balik.

Hasil optimasi pada penelitian ini akan menggolongkan hasil data perolehan selama kurun waktu 12 jam, dalam setiap 3 jam sekali dilakukan input data dari masing masing solar PV. Kemudian dimasukkan

dalam analisa perbandingan data dalam tabel paupun grafik dan diperbandingkan kualitas output daya pada kedua jenis solar PV. Adapun input data yang dilakukan yaitu dengan membagi 4 segmen selama 12 jam, setiap segmen berisi data input daya selama 3 jam dengan mengoreksi data setiap 1 jam sekali mulai awal perhitungan jam.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

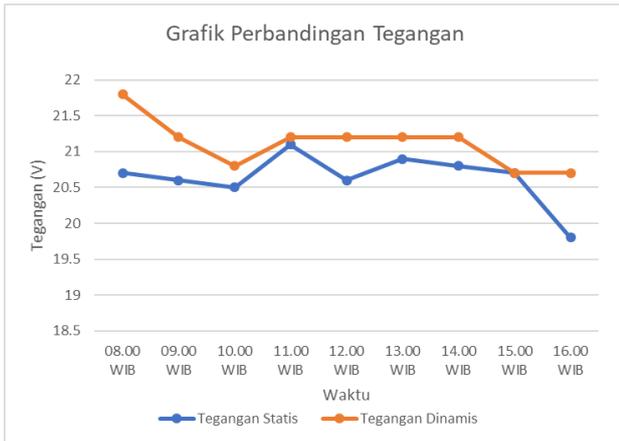
Adapun hasil pengamatan sebagai berikut:

Tabel 1. Data perbandingan tegangan, kuat arus dan sudut serang solar PV statis dan dinamis.

Waktu	V(statis)	I(statis)	Sudut <sup>o</sup>	V(dinamis)	I(dinamis)	Sudut <sup>o</sup>
08.00 WIB	20.7	0.46	15°	21.8	0.48	107°
09.00 WIB	20.6	0.47	15°	21.2	0.49	104°
10.00 WIB	20.5	0.47	15°	20.8	0.48	97°
11.00 WIB	21.1	0.57	15°	21.2	0.6	94.9°
12.00 WIB	20.6	0.56	15°	21.2	0.59	106°
13.00 WIB	20.9	0.5	15°	21.2	0.52	134°
14.00 WIB	20.8	0.39	15°	21.2	0.44	122°
15.00 WIB	20.7	0.28	15°	20.7	0.4	127°
16.00 WIB	19.8	0.12	15°	20.7	0.24	156°
<b>Rata-rata</b>	<b>20.633</b>	<b>0.424</b>		<b>21.111</b>	<b>0.471</b>	

Pada tabel 1 perbandingan tegangan dan kuat arus berbeda-beda pada setiap perbedaan waktunya. Hal ini juga dipengaruhi oleh variasi sudut yang berbeda beda, antara sudut solar PV statis permukaan terhadap arah mata angin dengan sudut solar PV dinamis posisi sudut 0<sup>0</sup> terhadap posisi matahari dan mengarah kepada mata angin. Pada tabel A-1 juga diungkap bahwa pada tegangan solar PV statis memiliki rata-rata catu daya sebesar 20,633V dengan rata-rata kuat arus sebesar 0.424A dan solar PV dinamis memiliki rata-rata catu daya 21,111V dengan kuat arus 0,471A. Dalam artian bahwa perhitungan total untuk mendapatkan sebuah daya listrik, jumlah output yang dikeluarkan oleh solar PV statis lebih kecil dibandingkan solar PV dinamis dengan variabel perubahan sudut yang signifikan.

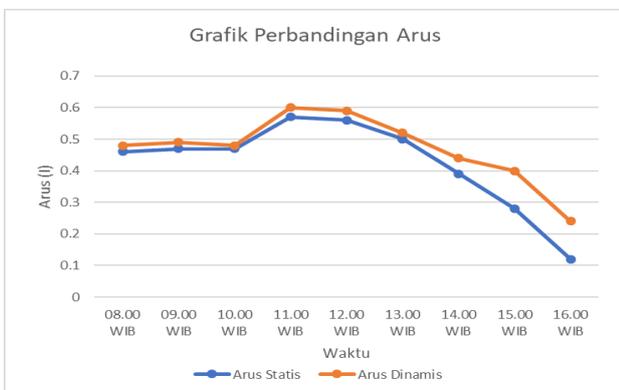
Sebagaimana juga pada suatu penelitian menunjukkan bahwa hasil desain sistem pelacak cahaya matahari *dual axis* pada solar cell menggunakan arduino menunjukkan perbedaan error pembacaan sensor senilai 6% dengan selisih tertinggi 2.34V, untuk perbandingan arus terdapat perbedaan nilai 53% dengan selisih tertinggi 0.21A dan perbandingan daya diperoleh perbedaan nilai 55.92% dengan selisih tertinggi 2.8VA (Haz, Marselindo, & Zainal, 2020).



Grafik 1 Data perbandingan tegangan solar PV statis dan dinamis

Data hasil pengamatan diatas merupakan pengeluaran daya oleh solar PV statis dan dinamis dengan komposisi maksimal masing-masing solar PV 22.4 V, data pada tabel A-1 pengambilan dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB. Sedangkan pada grafik A-1 menjelaskan start tegangan energi listrik yang dihasilkan paling besar adalah solar PV dinamis dibanding dengan solar PV statis dan konstan pada pukul 11.00 WIB hingga pukul 14.00 WIB. Dari grafik ditunjukkan bahwa tegangan rata-rata total dari start hingga pengambilan data berhenti, solar PV dinamis memiliki nilai tegangan terbesar dan tidak pernah berada pada bawah grafik data solar PV statis. Dari data tersebut terbukti bahwa tegangan pada solar PV dinamis lebih optimal daripada solar PV statis.

Dari hasil tersebut bisa ditinjau dengan pernyataan yang dikemukakan oleh (Fardani, 2018) bahwa pada umumnya, setiap solar cell menghasilkan tegangan sebesar 0,45 ~ 0,5 V (diskala dengan tegangan solar PV kapasitas 6V) dan arus listrik sebesar 0,1 A pada saat menerima cahaya yang terang.



Grafik 2. Data perbandingan kuat arus solar PV statis dan dinamis

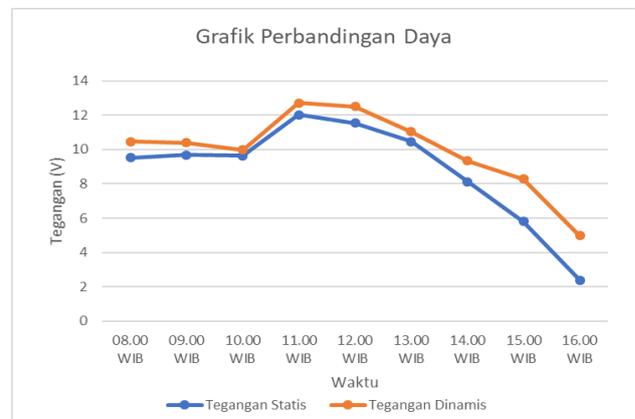
Kuat arus maksimal pada solar PV yaitu 0.63A, dari data tabel 1 pengujian pada pukul 08.00 - 16.00 WIB kuat arus terbesar terdapat pada pada pukul 12.00 WIB dengan perbandingan sudut solar PV statis 15° dan solar PV

dinamis 106°. Sedangkan kuat arus rata-rata terbesar solar PV statis dan dinamis pada grafik hasil penelitian terdapat pada pukul 11.00 - 12.00 WIB sebanyak 0,565A statis dan 0,595A dinamis. Perbandingan besar kuat arus pada solar PV statis dan dinamis yaitu 1:1,053. Pada grafik ditunjukkan optimasi kuat arus solar PV terbesar yaitu oleh solar PV dinamis dari start hingga pengambilan data selesai.

Tabel 2. Data hasil perhitungan daya dan efisensi pada solar PV statis dan dinamis

Waktu	Watt	Watt	η (statis)	η (dinamis)
08.00 WIB	9.522	10.464	0.000004%	0.000004%
09.00 WIB	9.682	10.388	0.000004%	0.000004%
10.00 WIB	9.635	9.984	0.000004%	0.000004%
11.00 WIB	12.027	12.72	0.000005%	0.000005%
12.00 WIB	11.536	12.508	0.000004%	0.000005%
13.00 WIB	10.45	11.024	0.000004%	0.000004%
14.00 WIB	8.112	9.328	0.000003%	0.000004%
15.00 WIB	5.796	8.28	0.000002%	0.000003%
16.00 WIB	2.376	4.968	0.000001%	0.000002%
<b>Rata-rata</b>	<b>8.793</b>	<b>9.963</b>	<b>0.000003%</b>	<b>0.000004%</b>

Pada tabel 2 tersebut peningkatan jumlah daya listrik paling tinggi oleh solar PV statis dan solar PV dinamis diperoleh pada pukul 12.00 WIB mencapai 12.72 Watt dengan sefisiensi yang sama 0,000005%, sehingga pada pukul 12.00 WIB merupakan waktu puncak sinar matahari memancarkan ke permukaan bumi secara maksimal. Dan daya terendah pada produksi solar PV statis dan solar pV dinamis jatuh pada pukul 16.00 WIB ke atas, dimana waktu tersebut merupakan matahari mulai terbenam kearah barat.

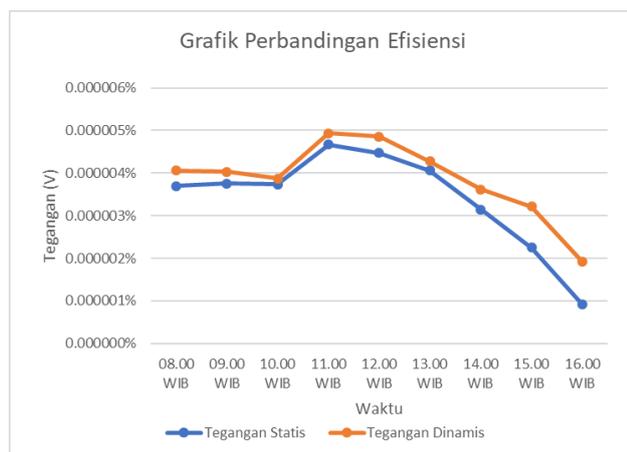


Grafik 3. Data perbandingan daya solar PV statis dan dinamis

Pada tabel 2 pengambilan data daya solar PV statis dan dinamis dimulai pukul 08.00-16.00 WIB dengan jumlah rata rata masing masing solar PV statis 8.793Watt

dan solar PV dinamis 9.963Watt menghasilkan perbandingan 1:1,13 dan selisih daya sebanyak 1.17Watt. Sedangkan pada grafik 3 ditunjukkan daya start pada solar PV dinamis lebih tinggi dari pada solar PV statis, daya mengalami kenaikan pada pukul 10.00 WIB hingga pukul 11.00 WIB, mendekati konstan pada pukul 11.00 WIB hingga pukul 12.00 WIB dan daya mengalami penurunan pada pukul 12.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB. Dari grafik 3 dijelaskan bahwa optimasi daya terbesar dari pukul 12.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB di hasilkan oleh solar PV dinamis dengan rata-rata daya 9.963Watt.

Hasil tersebut diatas hampir sama dengan eksperimen yang diambil oleh (Tanaya, 2016) yaitu daya rata – rata yang dihasilkan oleh solar *panel satic* dalam empat kali pengujain berturut – turut yaitu sebesar 14,70 Watt, 14,22 Watt, 16,20 Watt, 16,26 Watt, dan 10.77 Watt.



Grafik 4. Data perbandingan efisiensi solar PV statis dan dinamis

Pada grafik 4 pengambilan data solar PV statis dan dinamis dimulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB, sehingga diperoleh perhitungan efisiensi rata-rata solar PV statis **0.000003%** dan solar PV dinamis **0.000004%**. Grafik A-4 menunjukkan efisiensi awal pengambilan data dari solar PV dinamis lebih tinggi dari pada solar PV statis, kedua jenis solar PV mengalami peningkatan efisiensi pada pukul 10.00 WIB hingga pukul 11.00 WIB dan keduanya mengalami penurunan efisiensi pada pukul 12.00 hingga pengambilan data selesai pukul 16.00 WIB. Akan tetapi, efisiensi daya pada solar PV dinamis lebih besar daripada solar PV statis sebanyak **0.000004%** dengan perbandingan 1:1,3. Terbukti bahwa data efisiensi pada solar PV dinamis selalu berada diatas grafik efisiensi solar PV statis, sehingga penyerapan energi sinar matahari oleh solar PV dinamis lebih optimal dari pada solar PV statis.

Sependapat dengan hasil penelitian oleh (Fardani, 2018) bahwa Penggunaan solar tracker pada solar panel memberikan output daya lebih besar 11,57% dari solar panel yang diletakkan pada posisi tetap.

perbandingan yang cukup signifikan dengan solar cell statis.

Hasil dengan Solar Tracker yang dilakukan oleh (A. M. Putra & Aslimeri, 2020) juga menghasilkan kesimpulan sependapat bahwa perbandingan dayanya sebesar 13.41 W dengan selisih tegangan rata-ratanya 1.49 V dan selisih arusnya 0.75 A sehingga penerimaan energi matahari oleh Solar tracker lebih optimal dibandingkan Solar Cell statis. Akan tetapi percobaan (A. M. Putra & Aslimeri, 2020) menggunakan panel lebih besar 50 wp dan panel mengikuti cahaya matahari dengan *single axis* melintasi sudut inklinasi matahari terhadap bumi.

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada pukul 08.00 WIB hingga pukul 16.00 WIB pada jumlah rata-rata radiasi matahari 313.2 W/m<sup>2</sup> dengan luas permukaan panel 822,5 m<sup>2</sup>, rata-rata daya solar PV statis 8,79 Watt, daya solar PV dinamis 9.96 V dengan efisiensi daya solar PV dinamis 0.000003 % sudut 150 dan solar PV dinamis 0.000004%. Disimpulkan bahwa penyerapan energi sinar matahari menghadap arah utara untuk menghasilkan daya lebih optimal adalah menggunakan solar PV dinamis (menggunakan mikrokontroler), dikarenakan posisi permukaan solar PV lebih tegak lurus terhadap sinar matahari.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sudut permukaan solar PV terhadap datangnya matahari yang dipengaruhi oleh mikrokontroler dengan motor servo. Pengambilan data masih belum maksimal terkendala oleh rangkaian mikrokontroler pada solar PV dinamis yang masih belum stabil 100% karena pengaruh pada sambungan antar kabel perintah mikrokontroler kurang baik. Maka dalam menyambung antar kabel hendaknya disambung dengan solder agar transfer perintah (*pulse*) lancar karena tersambung dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad Syaikhu. (2010). Program Aplikasi Falakiyah Dengan fx-7400G Plus Bagian III : Menghitung Deklinasi Matahari dan Equation of Time, 1–6.
- Army, A. P. (2013). Inklinasi. Retrieved from <http://id.wikipedia.org/wiki/Riset>
- Boedoyo, M. S. (2012). Potensi dan peranan plts sebagai energi alternatif masa depan di indonesia. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 14(2), 146–152.
- Ch, S. (2010). Perbandingan Unjuk Kerja Antara Panel

- Sel Surya Berpenjejak Dengan Panel Sel Surya Diam. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 9(1).
- Fardani, M. I. M. (2018). *Perancangan Prototipe 2 Axis Solar Tracker Guna Optimalisasi Output Daya Solar Panel*.
- Hafez, A. Z., Yousef, A. M., & Harag, N. M. (2018). Solar tracking systems : Technologies and trackers drive types – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91(November 2017), 754–782. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.094>
- Haz, F., Marselindo, R., & Zainal, B. (2020). Desain dan Implementasi Sistem Pelacak Cahaya Matahari Dual Axis pada Solar Cell Menggunakan Arduino Mega 2560, *18*(02), 59–66.
- Hoffmann, F. M., Molz, R. F., Kothe, J. V., Nara, E. O. B., & Tedesco, L. P. C. (2018). Monthly profile analysis based on a two-axis solar tracker proposal for photovoltaic panels. *Renewable Energy*, 115, 750–759. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.08.079>
- John A. Duffie, W. A. B. (2013). *Wiley: Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition - John A. Duffie, William A. Beckman*. <https://doi.org/10.1002/9781118671603>
- Mintorogo, D. S. (2000). Strategi Aplikasi Sel Surya ( Photovoltaic Cells ) Pada Perumahan Dan Bangunan Komersial. *Jurnal Teknik Arsitektur*, 28(2), 129–141. Retrieved from <http://dimensi.petra.ac.id/index.php/ars/article/view/File/15736/15728>
- Putra, A. M., & Aslimeri. (2020). Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR, *06*(01), 322–327.
- Putra, I. M., Rosma, I. H., Elektro, T., Riau, U., Teknik, J., Universitas, E., ... Universitas, E. (2018). Perancangan dan Analisis Sistem Single Axis Sun Tracker untuk Meningkatkan Daya Output Solar Photovoltaic, *5*, 1–5.
- Simón-martín, M. De, & Alonso-tristán, C. (2014). Performance Indicators for Sun-Tracking Systems : A Case Study in Spain, (September), 292–302.
- Suhariningsih, Eka Prasetyono, Diah Septi Yanaratri, Ony Asrarul Qudsi, & Sutedjo. (2017). DESAIN DAN IMPLEMENTASI DUAL AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM DENGAN KONTROL AZIMUTH & ELEVATION. *Prosiding Sentrinov*, 3(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tanaya, N. M. H. Y. (2016). *Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Guna Optimalisasi Kinerja Panel Surya Untuk Penerangan Pada Kapal*. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Yao, Y., Hu, Y., Gao, S., Yang, G., & Du, J. (2014). A multipurpose dual-axis solar tracker with two tracking strategies. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.07.002>