
DESAIN DAN IMPLEMENTASI DUAL AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM DENGAN KONTROL AZIMUTH & ELEVATION

Suhariningsih¹, Eka Prasetyono², Diah Septi Yanaratri³, Ony Asrarul Qudsi⁴, dan Sutedjo⁵

^{1,2,3,4,5}Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS - Kampus PENS Sukolilo, Surabaya, 60111

¹nuning@pens.ac.id, ²eka@pens.ac.id, ³diahsepti@pens.ac.id, ⁴ony@pens.ac.id, ⁵sutedjo@pens.ac.id

ABSTRACT

Solar panels are an option for renewable energy sources. The electrical energy generated by solar panels is obtained from sunlight and is affected by the intensity of sunlight that falls on the panel. The greater the intensity of light received by solar cells the greater the power output. This paper discusses the optimum intensity of sunlight using dual axis solar cell tracker by modeling the azimuth angle and elevation angle. Every one hour the tracker moves automatically with the angle of movement according to the calculation of azimuth angle and elevation angle. Dual axis tracker is driven by a DC motor in each axis controlled by a microcontroller. From the test results obtained that with the tracker, solar panel output power can reach up to 63 W maximum, whereas without a maximum power tracker only 59 W (in the same position and the same load), using the tracker, power that can be absorbed every hour is 149 Wh

Keywords: *azimuth, elevation, tracker, solar cell, microcontroller.*

ABSTRAK

Panel surya merupakan salah satu pilihan sumber energi terbarukan. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya diperoleh dari sinar matahari dan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang jatuh pada panel. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima maka daya keluaran semakin besar. Makalah ini membahas optimasi intensitas cahaya matahari menggunakan *dual axis solar cell tracker* dengan memodelkan sudut azimuth dan sudut elevasi. Setiap satu jam sekali *tracker* bergerak otomatis dengan sudut pergerakan sesuai dengan hasil perhitungan sudut azimuth dan sudut elevasi. *Dual axis tracker* digerakkan oleh motor DC di masing-masing axis yang dikontrol oleh mikrokontroler. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa dengan *tracker*, daya keluaran panel surya dapat lebih maksimal mencapai 63 W, sedangkan tanpa *tracker* daya maksimal hanya 59 W (di posisi yang sama dan beban yang sama), dengan menggunakan *tracker* daya yang dapat diserap tiap jam adalah 149 Wh.

Kata Kunci: *azimuth, elevasi, tracker, panel surya, mikrokontroler*

PENDAHULUAN

Energi listrik adalah kebutuhan pokok yang dibutuhkan masyarakat setiap saat. Banyak pekerjaan yang dilakukan dengan menggunakan energi listrik. Energi listrik saat ini masih sangat tergantung pada bahan bakar fosil, apabila krisis energi fosil terjadi maka krisis energi listrik juga pasti terjadi. Penelitian-penelitian mengenai pemanfaatan energi terbarukan belakangan ini banyak dilakukan, salah satunya yaitu penelitian tentang energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik dengan alat yang disebut panel surya. Panel surya memiliki kemampuan untuk mengkonversi energi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik DC dengan sel-sel surya yang ada di dalamnya. Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m^2 atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Hal ini dikarenakan Indonesia masih memiliki berbagai kekurangan dalam pengembangan potensi sel surya termasuk salah satunya adalah kurangnya penelitian untuk metode yang paling cocok digunakan. Penggunaan panel surya tidak serta merta menjadikan energi listrik DC yang dikeluarkan oleh panel selalu optimal, karena posisi cahaya matahari yang selalu berubah-ubah dan letak suatu daerah terhadap sinar radiasi yang berbeda-beda yang membuat daya keluaran dari panel surya menjadi tidak stabil.

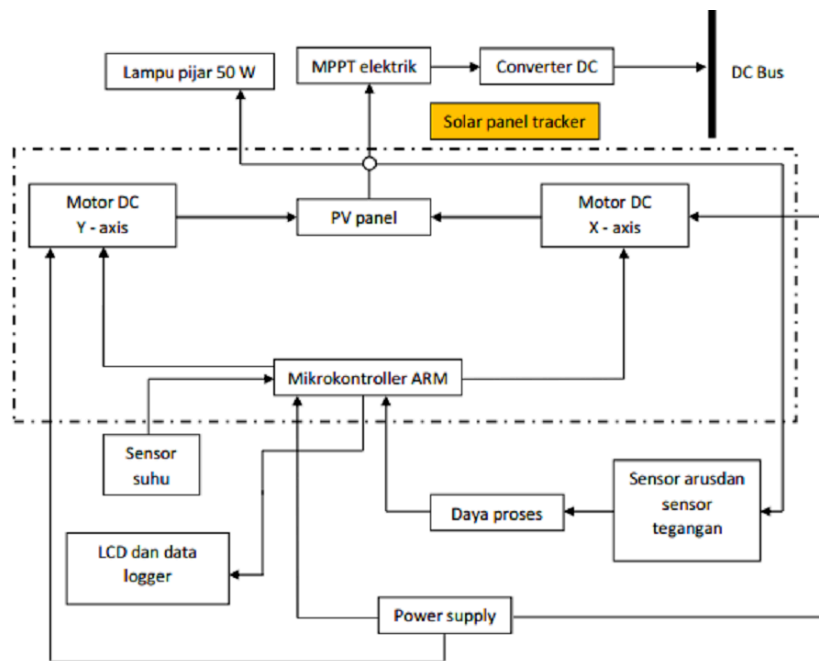
Berbagai penelitian dan metode telah diuji untuk mengatur daya keluaran dari panel surya agar selalu stabil. Salah satunya adalah metode MPPT (Maximum Power Point Tracking). Posisi panel surya pada metode ini adalah diam (Fix) dan untuk memaksimalkan daya keluaran maka digunakan algoritma atau perhitungan sehingga panel surya mengeluarkan daya yang maksimal pada waktu tersebut, bukan posisi tersebut. MPPT fix atau disebut MPPT elektrik mempunyai banyak metode, misalnya teknik P&O (Perturbation and Observation), Incremental Conductance, Constant Voltage, Temperature, Open Voltage, Feedback Voltage, Fuzzy Logic Control dan Neural Network.

MPPT elektrik yang telah diteliti dan diterapkan masih memiliki kelemahan, antara lain adalah belum optimalnya daya keluaran karena MPPT tidak mempertimbangkan posisi optimal panel surya terhadap jatuhnya cahaya matahari. Maka dari itu, gerakan mekanis untuk membantu panel surya mencari sinar matahari yang paling optimal perlu ditambahkan. Gerakan ini dilakukan oleh alat yang disebut *tracker* dan pada penelitian ini disebut sebagai MPPT mekanik. Komponen *tracker*

biasanya tersusun dari komponen kontrol, komponen sensor dan komponen gerak (motor). Yang menjadi sorotan adalah pada *tracker* yang pernah ada untuk mencari cahaya atau untuk mengarahkan panel pada pencahayaan yang pas maka digunakan sensor LDR atau sensor cahaya, sehingga LDR ini biasanya dipasang pada permukaan panel atau setiap sudut panel. Penelitian ini mengembangkan *tracker* yang pergerakannya menggunakan perhitungan atau pemodelan sudut azimuth dan sudut elevasi. Pergerakan yang dikehendaki adalah dual axis, yaitu *tracker* bergerak pada sumbu X (yang mewakili pergerakan pada garis horizontal/azimuth) dan sumbu Y (yang mewakili pergerakan pada garis vertikal/elavasi). Variabel perhitungan yang digunakan untuk menentukan kedua titik tersebut adalah tahun, bulan, hari, jam dan menit.

PERENCANAAN SISTEM

Mekanisme kerja *tracker* pada penelitian ini adalah dengan menggunakan pemodelan dari 2 sudut yang menjadi acuan yaitu sudut azimuth dan elevasi. Pergerakan *tracker* dikondisikan untuk mencari titik azimuth dengan gerakan horizontal terlebih dahulu kemudian bergerak secara vertikal untuk mencari titik elevasi.



Gambar 1. Blok diagram sistem

Gambar 1 menunjukkan dual axis *tracker* ini menggunakan 2 motor DC untuk menggerakkan masing-masing sumbu X (mewakili garis horizontal) dan sumbu Y (mewakili sumbu vertikal), kedua motor DC ini dirakit dari 2 motor stepper yang

dikendalikan menggunakan mikrokontroller ARM. Prinsip kerja dari metode yang diteliti adalah memprediksi posisi matahari setiap hari sesuai dengan sudut azimuth dan sudut elevasi sebagai acuan. 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.

PERENCANAAN PENENTUAN PERGERAKAN PANEL SURYA

Perhitungan posisi matahari berdasarkan sudut azimuth dan elevasi yang akan dijadikan acuan dapat dihitung dengan mengetahui posisi lintang dan bujur area tempat peletakan panel surya.

1. Perhitungan Deklinasi Matahari

Deklinasi (δ) adalah istilah astronomi yang dikaitkan dengan sistem koordinasi ekuator. Posisi matahari di angkasa terhadap bumi (dalam hal ini bumi sebagai pusat *celestial sphere*) dinyatakan dengan koordinat yang terdiri dari deklinasi dan *right ascension*. Deklinasi sama dengan garis lintang sedangkan *right ascension* sama dengan garis bujur. Garis lintang merupakan garis yang menghubungkan tempat-tempat di permukaan bumi yang mempunyai jarak yang sama terhadap garis khatulistiwa, sedangkan garis bujur digunakan untuk menunjukkan seberapa jauh suatu tempat dari posisi Greenwich di Inggris.

Nilai deklinasi dapat juga dihitung menggunakan persamaan (1).

$$\delta = 23.45^0 \sin \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] \quad (1)$$

Keterangan:

δ = Sudut deklinasi dinyatakan dalam satuan derajat (0).

$23,45^0$ = besar sudut inklinasi bumi (sudut antara sumbu rotasi dengan bidang orbit bumi)

N = menyatakan nomor urut hari dalam satu tahun.

2. Perhitungan Equation of Time

Equation of Time atau perata waktu adalah selisih waktu antara waktu matahari hakiki dengan matahari rata-rata (pertengahan). Untuk menentukan Equation of time (B) menggunakan persamaan (2).

$$B = \left[\frac{360}{365} (N - 81) \right] \quad (2)$$

3. Perhitungan Sudut Elevasi

Sudut elevasi dapat dihitung jika data *hour angle* atau besar sudut tiap waktu diketahui dengan menggunakan persamaan (3).

$$\text{Elevation} = \sin^{-1} [\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos (\text{HRA})] \quad (3)$$

Keterangan: φ = sudut garis bujur

HRA= hour angle

4. Perhitungan Sudut Azimuth

Azimuth berfungsi untuk mendapatkan arah suatu sisi terhadap arah utara. Pada alat ukur yang dilengkapi dengan kompas, ketentuan pembacaan sudut horizontal adalah “azimuth adalah besar sudut yang dimulai dari arah utara atau selatan dimana untuk sudut 90^0 dikatakan *sunrise* dan saat sudut 270^0 dikatakan *sunset*. besar sudut azimuth dapat dihitung dengan persamaan (4).

$$\text{Azimuth} = \cos^{-1} \left[\frac{\sin \delta \sin \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos (\text{HRA})}{\cos \alpha} \right] \quad (4)$$

5. Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya

Perhitungan daya keluaran panel surya perlu dilakukan untuk mengetahui efisiensi sistem *trancker*. Daya keluaran panel surya dapat dihitung dengan persamaan (5).

$$P_{PV} = P_{PV(\text{STC})} \cdot f_{VP} \cdot f_{temp} \left(\frac{I_T}{I_{T,\text{STC}}} \right) \quad (5)$$

Keterangan:

P_{PV} : Daya keluaran panel surya

$P_{PV(\text{STC})}$: PV *array* yang dinilai kapasitas pada kondisi uji standar (STC)

f_{pv} : *drating factor* PV

f_{temp} : suhu solar panel

I_T : insiden radiasi surya global (kW/m^2)

$I_{T(\text{STC})}$: insiden radiasi di STC di (kW/m^2)

PENGUJIAN DAN ANALISA

Tujuan pengujian adalah untuk mendapatkan suatu informasi dari sistem sehingga dapat diketahui spesifikasi dari peralatan tersebut. Pengujian terlebih dahulu dilakukan pada tiap-tiap bagian atau partisi, setelah tiap-tiap modul dapat menghasilkan suatu keluaran yang sesuai dengan keinginan, maka dapat dilanjutkan dengan mengintegrasikan tiap-tiap bagian tersebut sampai sistem dapat berjalan sesuai dengan harapan.

1. Pengujian Sensor Arus

Sensor arus digunakan untuk mengetahui arus keluaran dari panel surya untuk selanjutnya diolah oleh mikrokontroler dan dijadikan informasi kontrol daya. Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 berkapasitas 5A. Hasil pengujian sensor arus ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel. 1 Data uji sensor arus ACS712 5A

Arus (test)	ADC (praktek)	ADC (teori)	Vo (sensor)
0	2038	2013	1.43
0.5	2075	2054	1.48
1	2098	2096	1.51
1.5	2122	2124	1.55
2	2143	2165	1.59
2.5	2170	2193	1.64
3	2194	2235	1.68
3.5	2220	2263	1.72
4	2241	2304	1.77
4.5	2273	2332	1.8
5	2296	2374	1.84

2. Pengujian Sensor Tegangan

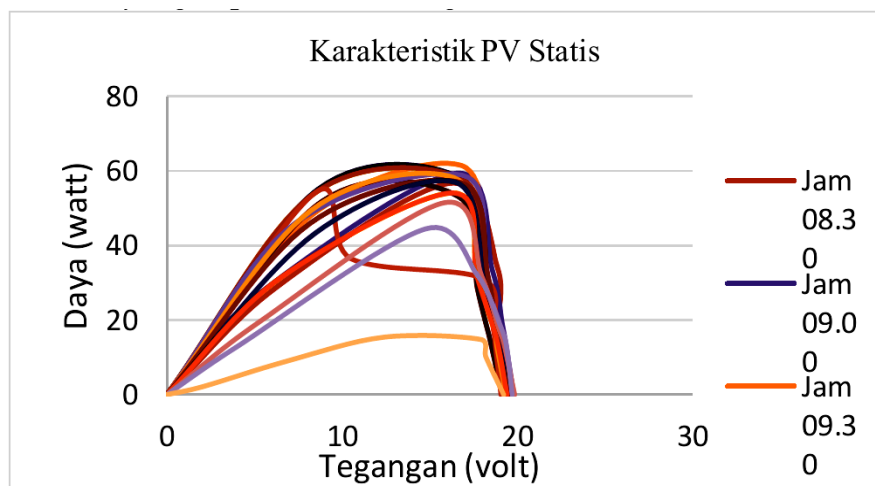
Sensor tegangan digunakan untuk mengetahui tegangan keluaran dari panel surya untuk selanjutnya diolah oleh mikrokontroler dan dijadikan informasi kontrol daya. Sensor tegangan yang digunakan adalah rangkaian pembagi tegangan dengan tegangan masukan maksimum 25 Volt dan tegangan keluaran maksimum 3 Volt (tegangan masukan maksimum ADC ARM). Hasil pengujian sensor tegangan ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel. 1 Data uji sensor tegangan

Vin supply (V)	Vo (Sensor) (V)	Vo (teori) (V)	% Error	ADC
0	0.01	0.00	0	38
1	0.11	0.13	15	170
2	0.25	0.26	4.1	366
3	0.37	0.39	5	522
4	0.5	0.52	4	705
5	0.6	0.65	8	846
6	0.77	0.78	1.6	1075
7	0.89	0.91	2.5	1235
8	1.02	1.04	2.25	1405
9	1.17	1.17	0.33	1612
10	1.28	1.3	1.8	1773
11	1.4	1.43	2.42	1930
12	1.53	1.56	2.25	2116
13	1.69	1.69	0.33	2324
14	1.81	1.82	0.88	2487
15	1.91	1.95	2.37	2632
16	2.04	2.08	2.25	2805
17	2.16	2.21	2.58	2970
18	2.29	2.34	2.46	3150
19	2.41	2.47	2.75	3315
20	2.58	2.6	1.1	3546
21	2.71	2.73	1.06	3718
22	2.83	2.86	1.37	3882
23	2.95	3	1.6	4031

3. Pengujian Karakteristik Panel Surya

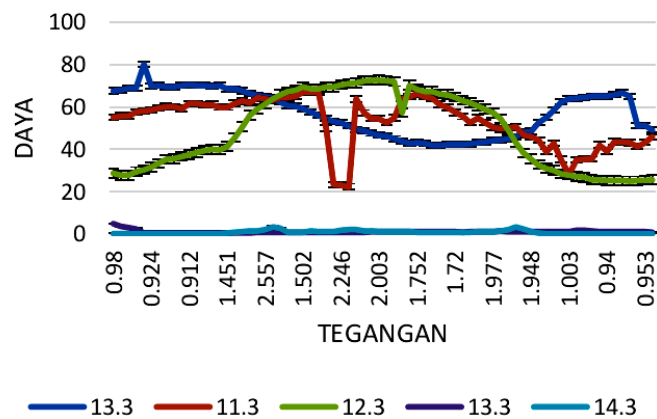
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik panel surya. Panel surya yang digunakan mempunyai spesifikasi daya keluaran maksimum sebesar 75 Wp. Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian karakteristik panel surya yang digunakan. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa daya keluaran maksimum dari panel surya adalah 62,25 Watt atau 83% dari yang tertera pada spesifikasi.



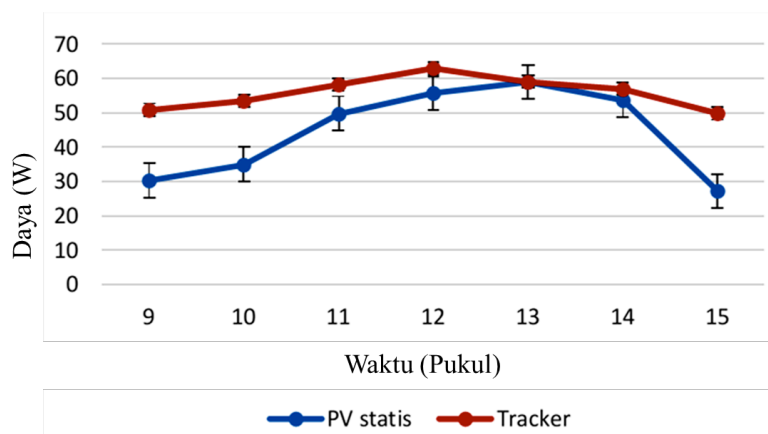
Gambar 2. Grafik karakteristik panel surya

4. Pengujian Sistem dengan Tracking MPPT Mekanik dengan Kontrol Azimuth & Elevation

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui respon sistem terhadap metode MPPT mekanik yang telah didesain. Hasil karakteristik daya keluaran terhadap tegangan panel surya menggunakan tracking mekanik dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik karakteristik Respon Keluaran Panel Surya dengan *Tracking Mekanik*



Gambar 4. Grafik Perbandingan daya keluaran panel surya menggunakan MPPT elektrik (statis) dan MPPT mekanik (azimuth & elevation)

Gambar 4 menunjukkan bahwa MPPT mekanik dengan menggunakan metode azimuth & elevation. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa daya tertinggi yang dihasilkan oleh MPPT mekanik dicapai pada pukul 12 yaitu 62 Wp, dan pada waktu yang sama MPPT elektrik hanya menghasilkan daya sebesar 55 Wp. Dengan kata lain

MPPT mekanik yang diterapkan menghasilkan daya 11, 29% lebih tinggi dari MPPT elektrik.

KESIMPULAN

Bedasarkan hasil pengujian, daya keluaran panel surya dapat mencapai 83% dari *rating* daya yang tertulis pada *name plate*. Penggunaan tracking kontrol azimuth dan elevasi memiliki daya yang lebih besar 11,29% dari daya yang dihasilkan panel surya dengan posisi fix di jam yang sama dan beban yang sama.

REFERENSI

- Zakaria, Azwaan, and Famarzi, Mahdi. "Medium Size Dual-Axis Solar Tracking System with Sunlight Intensity Comparison Method and Fuzzy logic Implementation." Control and Mechanical Engineering Department, Universiti Teknologi Malaysia, Johar Bahru Malaysia, 28 Juni 2015.
- Yasidi, Betin. "Low cost Two–Axis Solar tracker with High precision Positioning, central of robotics, Power Electrical Engineering and Control System, University of Picardie. Perancis. 3 Nopember 2012.
- Soedjarwanto, Noer. "Sistem Pelacak Otomatis Energi Surya Berbasis MikrokontrolerATMega8535." Teknik Elektro, Univerasitas Lampung, Bandar Lampung.
- Mirdanies, Midriem, Andry, Rizqi, Saputra, and Maja, Hendri. "RancangBangun Sistem Kontrol Mekanisme Pelacakan Matahari Beserta Fasilitas Telekontrol Hemat Energi." Jurnal Mekatronika Vol. 01, No 1, pp 31-40, 2011 : Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik, LIPI, Bandung.
- Milea, Dascalu, and Oltu, Zafiu. "Two Axes Detector For Photovoltaic Panels Automatic Ful Angle Orientation." Politehnica University of Bucharest, University of Pitesti, Rumania.
- Ozcelik, Prakas, Challo. "Two Axis Solar TrackerAnalysis and Control For Maximum Power Generation." Department of Electrical Engineering and Computer Science, Texas A&M University, USA.