

Sistem Kendali *Solar Tracker* untuk Meningkatkan Efisiensi Daya

Sri Yatmani^{1, a)}, Edwin Kamal^{2, b)}, Tita Aisyah^{3, c)}, Wahyu Widodo^{4, d)},
dan Faizal A^{4, e)}

^{1, 2, 3, 4}Program Studi Teknik Elektro ITI,
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

^{a)} sri.yatmani@iti.ac.id (corresponding author), ^{b)} edwinkamal@iti.ac.id, ^{c)} tita.aisyah@iti.ac.id
^{d)} wahyusaputra121119@gmail.com, ^{e)} faizalardhican@gmail.com

Abstrak

Efisien daya *solar tracker* masih sekitar 8,87%, telah banyak dikembangkan bahan panel surya maupun posisi letak panel surya dalam menangkap sinar matahari. Penggunaan *solar tracker* cukup dikenal namun belum digunakan secara masif, karena tipe *tracker* membutuhkan energi tambahan untuk menggerakkan modul surya sepanjang hari, dikhawatirkan justru akan menghabiskan energi listrik yang dihasilkan modul surya. Penelitian ini membuat *prototype solar tracker* dengan mengatur waktu penggerak modul surya untuk dapat menghasilkan energi total lebih besar dibandingkan modul surya tipe statis. *Prototype* ini menggunakan papan Arduino Mega 2560 sebagai pengendali dan 4 sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*), digunakan untuk penyimpanan modul surya secara otomatis, dan 3 motor stepper. Energi total yang dihasilkan dengan *tracker* sebesar 116383 Joule per jam lebih besar dari energi tipe statis sebesar 103038 Joule per jam. Rata rata rasio efisiensi energi solar dinamis versus energi solar sel statis sebesar 12,95 %, proses penyimpanan modul surya secara otomatis saat tidak ada sinar matahari untuk memperpanjang masa pemakaian panel surya.

Kata kunci: *solar tracker, efisiensi daya, LDR, Arduino Mega, motor stepper*

Abstract

The efficiency of power solar tracker usage on solar panel is still not optimum, only around 8.87%. In order to increase its efficiency, there have been some research on developing its material or its ability to detect the sun movement. Solar tracker has been familiar in solar modul usage among engineers eventhough it is still not used massively. This is due to the daily energy consumption to power solar modul that has some risk in draining of its own solar power generation. This study aims to develop solar tracker prototype by setting the time needed to drive solar modul in order to generate more energy than other solar moduls do that are usually static type. This prototype used Arduino Mega board as controller and 4 LDRs (Light Dependent Resistors). Besides, to protect from loosing data because of solar module gets stolen, automatic recording was run so this prototype also used 3 stepper motors. The result showed average energy in total generated from solar modul using solar tracker was 116,383 Joule per hour, larger than static type solar modul generated which was 103,038 Joule per hour. Average ratio of dynamic solar energy efficiency versus static solar energy was 12.95%. Automatic recording of solar modul was also running successfully when there was no sunlight, as such this could lead to longer usage of solar panel.

Keywords: solar tracker, solar cell, LDR, Arduino Mega board

I. PENDAHULUAN

Telah banyak dilakukan penelitian penelitian dengan mengembangkan bahan panel surya maupun posisi letak panel surya dalam menangkap sinar matahari guna meningkatkan efisiensi panel surya. Hasil penelitian sebelumnya telah dilakukan desain letak surya dengan menggunakan alat pelacak surya berbiaya rendah sebagai implementasi panel surya yang efektif dengan menggunakan sensor foto yang diaktifkan untuk mendeteksi sinar matahari dan intensitasnya diukur sebagai input oleh mikrokontroler dan memerintahkan akuator untuk mengubah posisi panel surya dalam menerima energi secara maksimum. Untuk mendapatkan energi maksimum dari matahari, posisi sinar matahari selalu berada di sudut 90° ke arah sel surya [1]. Hal ini hanya dapat dilakukan dengan memasang perangkat pelacakan surya atau *solar tracker*.

Solar tracker adalah suatu sistem yang melacak arah sinar matahari yang diaktifkan oleh sensor dan akan memberikan panduan informasi dan mengarahkan sistem penggerak untuk melacak sinar matahari, sehingga posisi panel surya langsung menghadap matahari setiap saat dengan arah 90°. Dengan sistem tersebut memastikan penangkapan energi maksimum atau memastikan pengiriman daya maksimum [2], [3].

Penggunaan *solar tracker* pengguna modul surya sudah cukup dikenal walaupun belum secara masif, hal ini dikarenakan tipe tersebut membutuhkan energi tambahan untuk menggerakkan modul surya sepanjang hari yang dikhawatirkan justru menghabiskan energi listrik yang dihasilkan. Penelitian ini mencoba membuat *solar tracker prototype* dengan mengatur waktu penggerak modul surya sehingga dapat menghasilkan energi total lebih besar dibandingkan modul panel surya

tipe statis. *Prototype* ini menggunakan papan Arduino Mega 2560 sebagai pengendali dan 4 sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) dan 3 motor *steper*. Untuk meningkatkan keamanan modul surya dari pencurian yang sering terjadi, menghemat tempat pemasangan dan memperpanjang masa pemakaian panel surya maka ketika malam hari modul surya dilakukan proses penyimpanan secara otomatis ketika tidak ada sinar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang alat *automatic solar tracker prototype* dengan ukuran 350x490x25 mm, meningkatkan efisiensi *solar cell* dengan mengoptimalkan penangkapan sinar matahari dengan menggerakkan *solar cell* secara otomatis mengikuti arah dari pergerakan matahari dari waktu ke waktu dengan pelacakan solar

II. LANDASAN TEORI

A. Sejarah dan pengembangan sel surya

Sel surya telah mengalami peningkatan secara luar biasa sejak tahun 1979 di bidang fotovoltaik (PV) industri global mampu menghasilkan energi listrik sampai gigawatt (GW) dari kapasitas terpasang tambahan per tahun [4].

Temperatur udara akan mempengaruhi kinerja sel surya, idealnya sel surya bekerja pada temperature standar 25 ° C dengan meningkatnya suhu maka efisiensi kinerja sel surya akan menurun hal ini karena sel surya mengalami degradasi pada celah pita semikonduktor intrinsik akan mengalami penyusutan pada tegangan rangkaian terbuka dan mengalami penurunan setelah peningkatan suhu tegangan pada persimpangan p-n. Ketergantungannya pada faktor dioda, karena solar sel memiliki koefisien suhu negatif sedangkan hasil daya output yang lebih rendah dari arus karena pembawa muatan dibebaskan pada potensial yang lebih rendah, hal ini karena energi diserap lebih besar dari cahaya [5], [6].

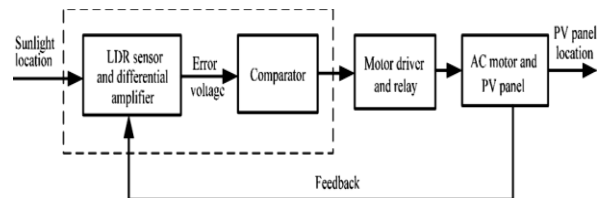
Energi optimum *solar cell* dapat diperoleh jika *solar cell* dalam posisi selalu tegak lurus terhadap arah fokus datangnya sinar matahari. Hanya dengan menggunakan sensor peka cahaya akan membaca arah datangnya cahaya dari beberapa sudut. Sudut yang paling kuat dari sensor peka cahaya tersebut diasumsikan sebagai sudut fokus arah datangnya sinar matahari, sehingga sudut fokus terkuat yang akan diikuti oleh pergerakan *solar tracker*. Telah banyak dilakukan penelitian dengan mengembangkan jenis bahan panel surya maupun posisi letak panel surya dalam menangkap sinar matahari yang tujuannya untuk meningkatkan efisiensinya panel surya. Salah satu karya penelitian yang dibuat dengan mempresentasikan desain dan implementasi yang sederhana dan berbiaya rendah, efektif dan mudah diimplementasikan dengan sistem pelacakan surya sumbu tunggal yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi sel surya, salah satunya dengan pelacakan titik daya maksimum dihasilkan mencapai efisiensi sebesar 8,87 % [1].

B. Prinsip Kerja Solar Tracker

Prinsip dasar pembuatan panel surya adalah memanfaatkan efek fotovoltaik, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Dengan *solar tracker* akan penunjang

sistem *photovoltaic* (PV) untuk optimasi penyerapan energi matahari dengan mengarahkan *solar cell* mengikuti pergerakan matahari.

Desain baru dari sistem *solar tracker* atau pelacak surya PV dual-sumbu yang memanfaatkan teori kontrol umpan balik sensor empat-kuadran cahaya dari resistor (LDR) dan sirkuit elektronik secara sederhana. Desain sederhana pelacak matahari ini secara efektif dan substansial dapat meningkatkan produksi listrik dari sistem fotovoltaik (PV), telah di uji kelayakannya dan dapat dijadikan referensi untuk aplikasi solar panel di masa depan.[7] Berikut diagram blok sistem *solar tracker* atau pelacakan surya sederhana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem *solar tracker* [7]

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan alat

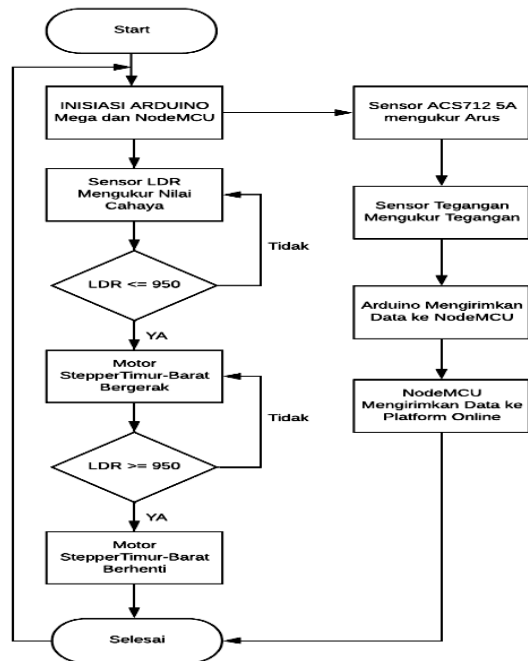
Automatic solar tracker di desain dengan modifikasi sederhana, dibuat dari bahan yang mudah di dapat, murah dan praktis. *Prototype* ini dibuat menggunakan modul Arduino Mega 2560 sebagai otak komputer yang memproses data, motor servo sebagai penggerak leher, LDR sebagai mata untuk melacak pergerakan matahari mengikuti arah dari datangnya surya. Berikut hasil perancangan alat *Automatic Solar Tracker Prototype* pada saat akan di mulai pengukuran di lapangan terlihat pada Gambar 2



Gambar 2. *Automatic solar tracker prototype*

B. Flowchart Alat Automatic Solar Tracker

Flowchart *Automatic Solar Tracker Prototype* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart automatic solar tracker prototype

C. Spesifikasi Alat dan Bahan

Spesifikasi bahan dan yang digunakan untuk membuat alat Automatic Solar Tracker Prototype ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Bahan

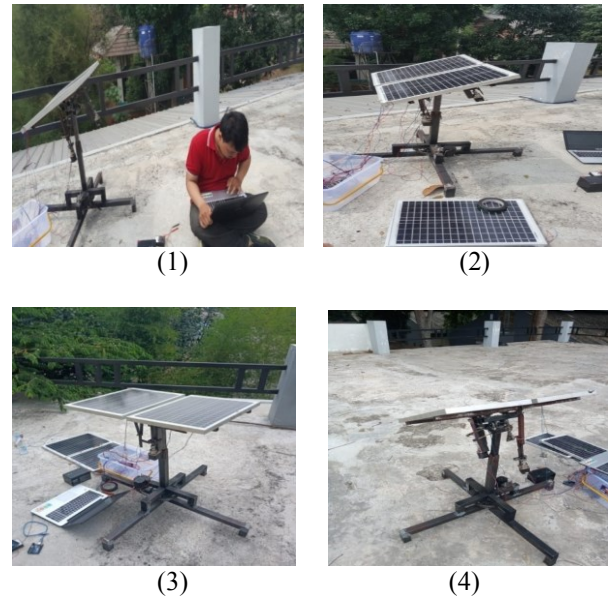
No.	Bahan	Spesifikasi
1.	Arduino	Mega 2560
2.	Motor Stepper Hanpose	12V 5A- 2 Unit
3.	Motor Stepper Nema	15V 7A - 1 Unit
4.	Driver Motor Stepper	TB6600 - 3 unit
5.	Kabel jumper	Male-Female -1 pcs
6.	Kabel jumper	Female- Female- 1pcs
7.	Sensor LDR	3unit
8.	Sensor arus	ACS 712 5A - 3 Unit
9.	Sensor tegangan	3 unit
10.	Limit switch	6 unit
11.	Modul panel surya	53-065 modelSP 20-M36 Max Voltage (Vmp) 17,6 Max Current (Amp) 1,14 A Dimensi 350x490x25mm

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

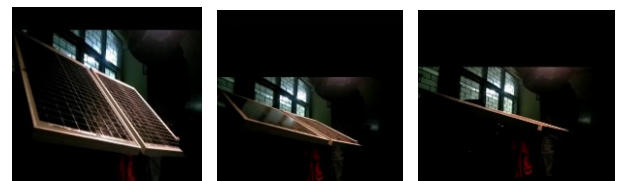
Pengujian yang dilakukan tentang hasil dari perancangan dan pembuatan automatic solar tracker prototype dengan satu sumbu (single axis) menggunakan LDR sebagai sensor untuk mencari jejak cahaya atau sinar matahari. Pengujian dilakukan dalam waktu yang konstan yaitu setiap satu jam dari jam 09.00 sampai jam 14.00. Tujuannya untuk mengetahui apakah papan solar tracker bergerak mengikuti pergerakan arah matahari atau sinar, berikut pada gambar 4 kedudukan prototype solar tracker. Gambar 4 automatic solar tracker prototype

dilakukan di luar ruangan pada pagi hari (1) jam 08.00; (2) jam 10.00; (3) jam 12.00 dan (4) jam 14.00



Gambar 4. Pengukuran daya prototype solar tracker pada jam 09.00 (1); jam 10.00 (2); jam 12.00 (3); dan jam 14.00 (4)

Guna pembuktian kepekaan sensor cahaya, dilakukan pengujian solar tracker di dalam ruang gelap dan menggunakan senter sebagai sumber cahaya, terlihat hasil pengujian automatic solar tracker bergerak mengikuti datangnya sumber sinar dari senter. Hal ini membuktikan bahwa sensor cahaya pada solar sel berfungsi mencari arah sinar. Gambar 5 menunjukkan fungsi sensor cahaya untuk menggerakkan solar sel dengan menggunakan senter sebagai sumber cahaya.



Gambar 5. Prototype solar tracker di dalam ruang gelap

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah motor penggerak papan solar tracker bergerak sesuai dengan intensitas yang diterima oleh photocell secara baik dari timur ke barat. Untuk membuktikan hal tersebut, solar tracker unit diletakkan dalam ruangan gelap dan diberi sinar yang berasal dari sinar senter. Pengujian dilakukan dengan memakai senter yang cahayanya ditembakkan ke LDR secara bergantian. Pengujian dilakukan masing-masing sebanyak beberapa kali, Bila cahaya senter diarahkan ke LDR maka motor penggerak papan solar cell akan bergerak searah jarum jam, sedangkan bila cahaya senter diarahkan ke photocell maka motor penggerak papan akan bergerak berlawanan arah jarum jam.

Selain berfungsi sebagai mata pelacak pergerakan matahari dan mengikuti arah dari pergerakan matahari

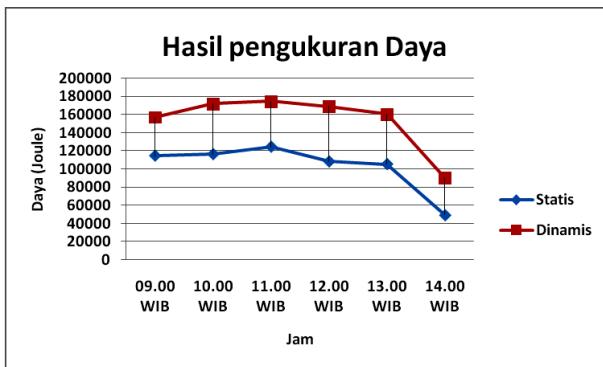
sepanjang waktu, LDR juga diperlukan sebuah pelacakan solar yang berfungsi untuk menyimpan *solar cell* ketika tidak ada cahaya matahari dan secara otomatis mengeluarkan *solar cell* ketika ada cahaya matahari dan mencari arah datangnya cahaya matahari seperti ditunjukkan pada gambar 6, solar sel akan menutup secara otomatis, hal ini akan memperpanjang masa pemakaian *solar cell*.



Gambar 6. (1) *Solar cell* statis dan (2) *Solar cell* tersimpan secara otomatis.

B. Hasil Pengukuran

Pengambilan data dari panel surya baik sistem statis maupun dinamis menghasilkan arus (Ampere) dan tegangan (Volt). Gambar 7 merupakan hasil pengukuran daya setiap jam yang diekstrapolasikan dalam kurva.



Gambar 7. Grafik pengukuran daya *solar tracker* Statis dan dinamis

Berdasar data pengukuran daya *solar tracker* pada grafik yang ditunjukkan pada gambar 7, maka dapat disimpulkan bahwa daya optimum untuk kedua sistem diperoleh pada jam 11.00 WIB, dengan daya sistem statis sebesar 124380 Joule per detik dan daya *solar tracker* dinamis sebesar 174600 Joule per detik. Namun demikian, hasil pengukuran *solar tracker* dinamis tersebut masih belum dikurangi dengan daya yang digunakan *solar tracker* saat naik turun, buka tutup dan saat *tracker* berputar mengikuti cahaya matahari. Hasil pengukuran daya yang dibutuhkan oleh *solar tracker* selama pengujian dari jam 09.00 sampai dengan jam 14.00 (6 jam) yakni, daya yang digunakan untuk naik-turun 26,24 W, daya buka tutup 10,5 W, daya *tracker* 24,70 W; sehingga total daya yang tidak tersimpan sebesar 61,44 W.

Daya bersih (E_{tot}) yang dihasilkan adalah daya pengukuran *solar tracker* dinamis dikurangi daya yang

digunakan saat naik turun, buka tutup, dan saat *solar tracker* berputar.

$$E_{tot} = E_{output} - E_{motor\ tracker} - E_{motor\ naik\ turun} - E_{buka\ tutup} = 256,17\ W - 26,24\ W - 10,5\ W - 24,70\ W = 194,73\ W$$

$$E_{tot\ dalam\ joule} = 194,73\ W \times 3600\ detik = 701028\ Joule$$

$$E_{tot\ rata\ rata} = 701028\ Joule : 6 = 116383\ Joule$$

Efisiensi dihitung berdasarkan rasio daya spesifikasi modul solar sel terhadap daya hasil pengukuran. Berdasar data spesifikasi modul *solar cell* diperoleh daya sebagai berikut:

- Energi Total spesifikasi modul *solar cell*;
 $E_{tot} = 1.21\ A \times 21,8\ V \times 3600\ detik \times 2\ panel = 189921,6\ Joule$
- Efisiensi solar tracker dinamis terhadap modul *solar cell*;
 $Efisiensi = \frac{116383\ J}{189921,6\ J} \times 100\% = 61,27\ \%$
- Energi Total rata rata dari tipe statis;
 $E_{tot} = 618228\ J : 6 = 103038\ Joule$
- Efisiensi *Solar tracker* statis terhadap modul *solar cell*;
 $Efisiensi = \frac{103038\ J}{189921,6\ J} \times 100\% = 54,25\ \%$
- Rata-rata rasio efisiensi energi *solar cell* statis vs energi *solar cell* dinamis
 $Rata-rata\ rasio\ efisiensi\ energi = \frac{116383 - 103038}{103038} \times 100\% = 12,95\ \%$

Rata rata rasio efisiensi energi solar statis dan energi solar sel dinamis yang dihasilkan dari penelitian *automatic solar tracker prototype* adalah sebesar 12,95% sedangkan dari hasil penelitian penelitian sebelumnya diperoleh efisiensi sekitar 8,87%, Dalam penelitian ini ada peningkatan efisiensi daya namun masih belum optimum, untuk meningkatkan daya *solar tracker* ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi efisiensi seperti:

- Jenis modul panel surya
- Letak tempat pengukuran
- Panas matahari/temperatur
- Ukuran panel surya
- Daya yang dibutuhkan oleh motor pada tracker
- Lama waktu pengukuran

V. KESIMPULAN

- Rangkaian solar tracker berfungsi dengan cukup baik yang ditunjukkan dalam gambar *prototype solar tracker pada pagi sampai siang hari di dalam ruang gelap dengan senter sebagai sumber cahaya*.
- Daya optimum solar tracker diperoleh pada jam 11.00 sebesar 124380 Joule untuk sistem statis dan dinamis sebesar 174600 Joule.
- Tipe tracking menghasilkan energi total lebih besar dibandingkan tipe statis sebesar 12,9%
- Total energi untuk menggerakkan sistem tracking sangat kecil yaitu hanya 221,2 Joule dibandingkan energi output solar sel 701028 Joule.
- Efisiensi solar tracker dinamis terhadap modul solar cell adalah 61,27%.

6. Efisiensi solar tracker statis terhadap modul solar cell adalah 54,25 %
7. Solar cell akan menutup secara otomatis, hal ini dapat memperpanjang masa pemakaian solar cell.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada Institut Teknologi Indonesia melalui Lembaga Penelitian dan Komersialisasi Teknologi yang telah memberikan bantuan dana untuk melakukan penelitian, juga kepada mahasiswa yang telah membantu merangkai alat dan mengambil data saat penelitian.

REFERENSI

- [1] K. Okokpujie, A. Elizabeth, A. Aderibigbe and O. Imhade "Efficient and Low Cost Implementation of a Single Axis Solar Tracking System"*Journal of Electrical Engineering*; Juli 2018, vol 18(1) pp 1-6 www.jee.ro
- [2] D. Appleyard, "Solar Trackers in Facing the Sun." *Renewable Energy World Magazine*. 2009
- [3] G. Kumar, A. Singh, and P. Mittal Solar Tracker and Concentrator," *Renewable Energy World Magazine*. 2009
- [4] Greg P. Smestad *et al*, Solar Energy Materials and Solar Cells, in Reporting solar cell efficiencies in Solar Energy Materials and Solar Cells, *Elsevier Science*, vol 92,(4): pp 371-373, , ISSN: 0927-0248
- [5] R. Williams, "Becquerel Photovoltaic Effect in Binary Compounds". *The Journal of Chemical Physics*. 32 (5): 1505–1514; 2004
- [6] Furkan Dinçer, Mehmet Emin Meral; "Critical Factors that Affecting Efficiency of Solar Cells" *Smart Grid and Renewable Energy*, 2010, 1, 47-50, May 2010
- [7] Jing-Min Wang and Chia-Liang Lu, "Design and Implementation of a Sun Tracker with a Dual-Axis Single Motor for an Optical Sensor-Based Photovoltaic System", *Sensors*, 2013, 13, 3157-3168; ISSN 1424-8220 www.mdpi.com/journal/sensors diakses tanggal 15 November 2019.