

DESAIN SISTEM SOLAR TRACKER DUA DERAJAT KEBEBASAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Ismail Hasan¹, Dzulkifli²

¹Mahasiswa Program Studi Fisika, Universitas Negeri Surabaya, email: ismailhasan1@mhs.unesa.ac.id

²Dosen Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya, email: dzulkifli@unesa.ac.id

Abstrak

Panel surya merupakan alat yang terdiri dari beberapa sel surya serta dapat mengkonversi cahaya menjadi energi listrik. Masalah pada panel surya yang *massive* di Indonesia ialah posisi panel surya yang statis. Solusi dari masalah tersebut ialah mengubah posisi panel surya statis menjadi panel surya dinamis. Telah dilakukan penelitian panel surya dinamis dengan sistem *solar tracker* aktif dan sistem *solar tracker* kronologis, hasil penelitian dari dua sistem yang diperoleh saat pengujian alat selama lima hari berturut-turut, masing – masing hari selama 6 jam pengamatan didapatkan rata - rata persentase nilai optimasi daya sistem *solar tracker* aktif 95%, dan persentase nilai optimasi daya sistem *solar tracker* kronologis 90%. Telah dibuktikan bahwa pengamatan nilai daya panel surya mendapat selisih yang signifikan pada rentang pukul 12.00 – 13.00 WIB, karena pada rentang jam tersebut radiasi harian matahari yang jatuh pada panel surya berada di posisi sudut 90° atau tegak lurus menghadap ke arah sinar matahari, tidak pada posisi ± timur atau ± barat sinar matahari.

Kata Kunci: *Solar tracker*, Metode aktif, Metode kronologis, *Real time*, Arduino

Abstract

Solar panel is a device that consists of several solar cells and can convert light into electrical energy. The problem with massive solar panel in Indonesia the position of solar panel is still static. The solution to this problem is to change the position of static solar panel into dynamic solar panel. Dynamic solar panel research has been carried out with an active solar tracker systems and chronological solar tracker system, The result of two systems obtained an average percentage of the value from active solar tracker system power optimization until 95% and the percentage from chronological solar tracker system power value until 90%. This has been proven when observing the value of power in solar panel gets a significant difference in the range from 12.00 – 13.00 WIB because at that time the sun's radiation falls on the solar panel at the position of the angle 90° or perpendicular to the sun, not in ± the west or ± west position of sunlight.

Key Word: *Solar tracker*, Active method, Cronological method, *Real time*, Arduino

PENDAHULUAN

Secara geografis, Indonesia merupakan Negara yang dilintasi oleh garis khatulistiwa. Karena mendapat radiasi matahari setiap tahun, maka pasokan energi yang diterima sel surya juga besar. Potensi energi matahari di Indonesia berkisar 4,8 – 6,0 kWh/m² (Yudiartono dkk, 2018).

Ke depannya terdapat banyak tantangan yang berkaitan dengan energi baru terbarukan (EBT). Salah satu hal yang menjadi perhatian pemerintah Indonesia adalah bagaimana cara memperluas jaringan listrik, terutama dengan membangun infrastruktur pasokan listrik ke daerah pedesaan. Realisasi pemanfaatan EBT pembangkit listrik di Indonesia Tahun 2018 mencapai 12,4% dan Pemerintah menetapkan target hingga 24% pada tahun 2025. Upaya peningkatan EBT dapat menurunkan dapat menurunkan kadar emisi gas kaca, peningkatan ketahanan energi berkelanjutan, dan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil (Kementerian ESDM, 2018)

Data dari Kementerian ESDM 2015, menyatakan bahwa kebutuhan energi Indonesia terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan ekonomi yang juga terus meningkat 5% per tahun dan pertumbuhan penduduk yang mencapai

1,4%. Sedangkan pertumbuhan energi naik sebesar 63% dengan bertambahnya jumlah populasi manusia dan kebutuhan energi terutama energi listrik yang secara terus menerus dikonsumsi. Terlebih lagi, kebutuhan energi listrik didominasi oleh sumber energi fosil atau minyak bumi sebesar 40%.

Indonesia sendiri berencana meningkatkan porsi pemanfaatan energi terbarukan yakni energi surya mencapai 1047 MWp sampai Tahun 2025. Melihat upaya perencanaan tersebut, Pemerintah Indonesia masih memiliki banyak tantangan yang harus diselesaikan bersama dalam pengembangan energi surya ke depannya (Kementerian ESDM, 2018). Pada dasarnya panel surya merupakan alat yang terdiri dari beberapa sel surya, dan dua sambungan semikonduktor yang dapat mengkonversi cahaya menjadi energi listrik (AKM Mohiuddin, 2017)(Rusminto, 2003).

Dalam pemantauan sumber EBT, energi surya memang dinilai berpotensi dalam pasokan energi praktis tak terbatas. Selain itu, energi yang tersedia dari matahari jauh melebihi permintaan di masa mendatang (Kibet, 2016). Menurut J. V Roger (2010), bahwa bumi cukup

banyak men-supply energi surya selama setahun, karena dalam satu jam saja, bumi sanggup menerima energi surya 5000 kali cadangan dari semua sumber energi lain. *International Energy Agency* (IEA) (2014) juga memprediksi bahwa sekitar seperempat EBT atau 16% listrik di seluruh dunia bisa dipasok dari Energi surya di Tahun 2050.

Permasalahan yang ada saat ini adalah kebanyakan sel surya yang terpasang masih bersifat statis dengan sudut elevasi yang tetap (*fixed elevating angles*). Hal ini menyebabkan sel surya tidak berfungsi secara maksimal dalam penyerapan radiasi matahari. Hal ini disebabkan karena matahari selalu bergerak dari arah timur-barat (disebut gerak semu harian matahari) dan utara-selatan (disebut gerak semu tahunan matahari) (Purwono dkk, 2008). Penyerapan radiasi matahari panel surya akan memiliki nilai optimal jika arah radiasi matahari tegak lurus terhadap permukaan bidang panel surya (Huang dkk, 2009). Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk mengarahkan permukaan panel surya agar selalu tegak lurus terhadap radiasi matahari. Atas dasar kebutuhan tersebut, maka metode *solar tracker* dianggap tepat untuk dikembangkan karena posisi solar tracker mampu mengikuti arah datangnya sinar matahari (Huang dkk, 2009).

Mekanik yang digunakan untuk mengikuti arah gerak radiasi matahari dikenal sebagai *solar tracker*. Arah gerak radiasi matahari tersebut dapat diikuti dengan mengindra perubahan arah cahaya yang dipancarkannya. Oleh sebab itu digunakan sensor cahaya yaitu sensor LDR (Light Dependent Resistor), dan algoritma kronologis sebagai *input driver servo*.

Dalam suatu sistem kontrol mekanik umumnya diperlukan suatu pengolah algoritma pelacak surya yang dapat memproses mekanik alat. Beberapa proses pengolahan algoritma dapat diselesaikan dengan komputer, mikrokontroler, dan alat komparator lainnya. Pengolah algoritma mekanik yang berkembang pesat saat ini adalah mikrokontroler. Mikrokontroler merupakan suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer yang hanya membutuhkan ruang kecil serta dapat diproduksi secara *massive* dengan harga yang lebih murah dibandingkan mikroprosesor sendiri (Agfianto, 2004). Penggunaan aplikasi mikrokontroler Arduino Uno 328p pada skripsi ini bertujuan untuk mendapatkan kerja mekanik yang optimal terhadap sistem yang dikontrol.

Menurut Barsoum (2011) terdapat tiga metode *solar tracker*, yaitu metode aktif, metode pasif, dan metode kronologis. Dimana metode aktif dipengaruhi sensor cahaya yang akan memicu motor aktuator untuk mengarahkan panel surya selalu menghadap matahari sepanjang hari, metode pasif di dasarkan pada posisi panel

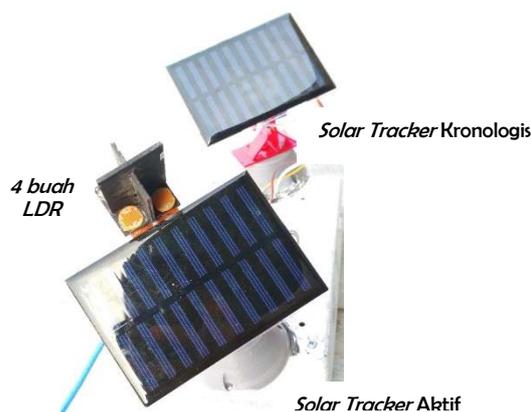
surya dengan sudut azimuth atau elevasi yang tetap, sedangkan metode kronologis di dasarkan pada perhitungan model matematika terhadap korrdinat lokasi antara *longitude* dan *latitude* untuk menghasilkan nilai sudut elevasi dan azimuth sebagai *input* mikrokontroler yang menggerakkan motor actuator.

J, K, Taramuttan et al., (2017) telah melakukan penelitian sistem algoritma aktif, dan kronologis. Hasil penelitiannya mendapatkan persentase optimum tegangan algoritma aktif 10% lebih besar dibandingkan dengan algoritma kronologis 8,5%. Kemudian A, Z, Hafez et al., (2018) telah melakukan penelitian yang sama dan mendapatkan persentase optimum tegangan algoritma aktif 10% lebih besar dibandingkan dengan algoritma kronologis 7,55%. Pada penelitian J, K, Taramuttan et al., (2017), dan A, Z, Hafez et al., (2018) keduanya sama menggunakan mekanik rotasi azimuth motor DC dengan motor stepper yang sifat rotasinya bersifat diskrit.

Berdasarkan uraian di atas dan untuk menindaklanjuti penelitian *solar tracker* yang telah dilakukan oleh J, K, Taramuttan et al., (2017), dan A, Z, Hafez et al., (2018), maka pada penelitian ini penulis bermaksud menggunakan mekanik rotasi azimuth motor DC dengan motor servo pada panel surya menggunakan mikrokontroler Arduino Uno 328p untuk sistem algoritma aktif dan kronologis. Tujuan digunakannya motor servo karena sifat rotasi yang kontinyu dapat memperoleh sudut mekanik sesuai lokasi koordinat agar didapatkan nilai optimasi daya panel surya secara maksimal.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji eksperimental. Eksperimen dilakukan terhadap uji sistem *solar tracker* dan uji kerja sistem *solar tracker* untuk dapat mengetahui keluaran nilai tegangan dan arus antara metode *solar tracker* aktif dan metode *solar tracker* kronologis. Sehingga blok pengontrolan sistem panel surya bekerja dengan semestinya dan dapat memposisikan permukaan panel surya tegak lurus (\perp) terhadap radiasi matahari yang datang. Rancangan alat *solar tracker* dua derajat kebebasan ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Hasil rancangan mekanik solar tracker

Cara uji sistem meliputi pembacaan sensor INA219, modul *micro SD*, dan DS1307 terhadap *software* arduino yang sudah diprogram. Selanjutnya dilakukan kerja sistem secara langsung *solar tracker* aktif dan *solar tracker* kronologis di *rooftop* dengan syarat posisi panel surya tidak terhalangi oleh bayangan benda dan proses pengukurannya dilakukan mulai dari jam 09.00 – 15.00 WIB.

Pada prinsipnya metode *solar tracker* aktif menggunakan mekanik pelacakan surya yang gerak motor nya bergantung pada intensitas sensor LDR yang terpasang pada bagian atas panel surya. Sebaliknya juga *solar tracker* kronologis menggunakan mekanik pelacakan surya yang gerak motornya berdasarkan program kronologis suatu lokasi yang di *input* pada mikrokontroler. Dari kedua metode perpindahan motor servo di atur geraknya oleh mikrokontroler untuk dapat memindahkan posisi azimuth dan elevasi. Sudut azimuth adalah sudut dalam bidang horizontal diukur dari arah utara untuk proyeksi bidang horizontal dari sinar matahari. Seperti dalam persamaan 1, dimana θ adalah sudut jam, δ adalah sudut deklinasi, dan Φ menunjukkan lintang suatu lokasi.

$$\text{Sudut Azimut} = \tan^{-1} \left[\frac{\sin\theta}{(\cos\theta \sin\Phi) - (\tan\delta \cos\Phi)} \right]$$

Di sisi lain, sudut elevasi adalah proyeksi bidang vertikal sudut matahari di langit yang diukur dari horizon objek. Dapat diartikan juga sebagai lokasi sudut arah utara atau selatan pada suatu bidang ekuator. Deskripsi sudut elevasi seperti yang ditunjukkan dalam persamaan 2.

$$\text{Sudut Elevasi} = \sin^{-1} [(\sin\delta \sin\Phi) + (\cos\delta \cos\Phi \cos\theta)]$$

Selanjutnya sensor INA219 bekerja pada pembacaan arus dan tegangan untuk mengetahui respon dari kedua panel surya yang kemudian di akumulasikan menjadi nilai daya. Hasil kerja sistem di simpan dalam modul *micro SD* beserta pembacaan waktu secara *real time* dengan RTC DS1307. Nilai daya yang diperoleh dari kedua panel surya dimasukkan ke dalam rumus Δ daya yaitu:

$$\Delta P = P \text{ Panel surya aktif} - P \text{ Panel surya kronologis}$$

Setelah nilai daya selisih diketahui, selanjutnya data daya akan dibandingkan selama lima hari berturut-turut sehingga dapat diketahui persentase nilai daya sel surya aktif lebih dominan dari persentase nilai daya sel surya kronologis.

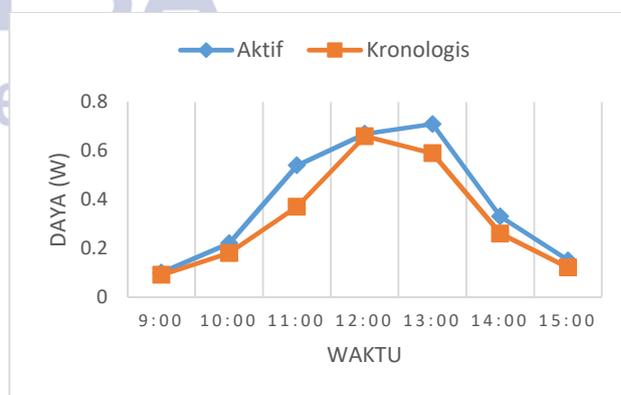
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil kerja sistem alat *solar tracker* didapatkan grafik hubungan daya dengan waktu selama 5 hari berturut-turut dengan durasi 6 jam setiap harinya.

Pukul	Panel Surya Aktif			Panel Surya Kronologis			ΔP_{out} (W)
	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{out} (Wh)	V_{out} (V)	I_{out} (A)	P_{out} (Wh)	
9:00:10	2.4	0.04	0.10	2.37	0.04	0.09	0.00
10:00:10	3.1	0.07	0.22	3	0.06	0.18	0.04
11:00:10	4.5	0.12	0.54	3.7	0.1	0.37	0.17
12:00:10	5.12	0.13	0.67	5.09	0.13	0.66	0.00
13:00:10	4.73	0.15	0.71	4.2	0.14	0.59	0.12
14:00:10	4.08	0.08	0.33	3.66	0.07	0.26	0.07
15:00:10	2.5	0.06	0.15	2.4	0.05	0.12	0.03

Berikut merupakan Tabel 1 hasil penelitian pada tanggal 1 juli 2019.

Berdasarkan data pada Tabel 1 terlihat bahwa selisih daya maksimal dari sistem solar tracker terjadi pada pukul 11:00 WIB dengan nilai daya sebesar 0.17 W. Sedangkan, Daya maksimal yang dihasilkan oleh panel surya aktif sebesar 0.71 W pada pukul 13:00 WIB, dan panel surya kronologis sebesar 0.66 W pada pukul 12:00 WIB. Selain itu pada Gambar 2 menunjukkan hubungan daya dan waktu yang memiliki kesesuaian terhadap grafik harian radiasi matahari. Selain itu, rentang radiasi saat pukul 11:00 – 13:00 pada pengamatan kerja sistem *solar tracker* terjadi kenaikan yang signifikan disebabkan karena arah sinar matahari tegak lurus dengan permukaan bumi pada sudut 90°.



Gambar 2 Grafik hubungan daya dan waktu pada panel surya aktif dan panel surya kronologis

Pada Gambar 2 menjelaskan bahwa selisih kedua panel memiliki nilai daya rata – rata ± 0.06 W

rentang jam 9:00 hingga jam 15:00 disebabkan cuaca berada pada kondisi cerah berawan. Sedangkan perbandingan nilai daya signifikan terjadi pada pukul 11:00 WIB dengan nilai selisih 0.17 W.

PENUTUP

Kesimpulan

Pada penelitian ini disimpulkan bahwa panel surya yang menggunakan sistem solar tracker aktif dinilai lebih efektif dan solusi yang tepat untuk memperoleh keluaran daya yang lebih besar dibandingkan hanya dengan menggunakan panel surya sistem *solar tracker* kronologis, karena prinsip metode *solar tracker* aktif menggunakan mekanik pelacakan surya dengan gerak motor yang bergantung pada intensitas sensor LDR yang terpasang pada bagian atas panel surya. Sebaliknya juga, *solar tracker* kronologis menggunakan mekanik pelacakan surya dengan gerak motor berdasarkan program kronologis suatu lokasi yang di *input* pada mikrokontroler. Hal ini telah dibuktikan dari data yang diperoleh saat pengujian alat selama lima hari berturut-turut bahwa intensitas radiasi harian matahari rentang pukul 12.00 – 13.00 WIB membuat posisi panel surya kedua sistem berada pada sudut 90° atau tegak lurus menghadap ke arah sinar matahari, tidak di posisi \pm timur atau \pm barat sinar matahari. .

Pada tanggal 28 Juni – 2 Juli, selisih daya terbesar terjadi di rentang pukul 12.00 – 13.00 WIB dengan perolehan rata – rata nilai daya *solar tracker* aktif sebesar 0,4 W, dan rata – rata nilai daya *solar tracker* kronologis sebesar 0,34 W. Didapatkan perbandingan persentase 95% untuk *solar tracker* aktif, dan 90% untuk *solar tracker* kronologis. \

Saran

Berdasarkan kendala-kendala yang dialami peneliti saat melakukan pengujian desain sistem solar tracker dua derajat, beberapa saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya yaitu model mekanik dibuat antara sistem solar tracker aktif dan sistem solar tracker dibuat terpisah, karena saat proses pembacaan agar tidak kuatir terbentur satu sistem dengan sistem lain. Penempatan sensor LDR dibuat dinamis, dan penambahan sensor kompas sebagai penunjuk arah utara yang lebih akurat dan pemakaian yang lebih panjang waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2016. Solar cells panel. (Online), (<http://panelsurya.com>), di akses tanggal 16 Juli 2019).
- Anonim. 2016. Arduino uno. (Online), (<http://dunia.elka.club>), di akses tanggal 16 Juli 2019).
- Anonim. 2018. Daily sun radiation. (Online), (<http://esrl.noaa.gov>), di akses tanggal 16 Juli 2019).
- Anonim. 2019. Jenis jenis dan fungsi mesin konversi energi dalam otomotif. (Online), (<http://sekolahkami.com>, di akses tanggal 16 Juli 2019).
- Antonio, L. L., Andreev, M. V. 2007. Concentrator photovoltaics. Springer Verlag.
- Barsoum, N. 2011. Fabrication of dual-axis solar tracking controller project. Curtin University: Malaysia. Published Online May 2011.
- Duffie, A. J., dan Beckam, A. W. 2013. Solar Engineering of thermal processes. Madison, University of Wisconsin: USA.
- Hafez, A. Z., Yousef, M. A., Harag, M. N. 2018. Solar Tracking Systems: Technologies and Trackers Drive Types - A Review. Reviews paper Renewable And Sustainable Energy 91 (2018) 754-782.
- Hamanda, L., Suchyo, I. 2017. Pengoptimalan penyerapan energi matahari dengan sistem penjejak matahari dua derajat kebebasan. Program Studi Fisika. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya. Vol.6, No.3, pp:46-52.
- Huang, Y. J., Kuo, T. C., Chen, C. Y., Chang, C. H., Wu, P. C., dan Wu, T. H. 2009. The Design and Implementation of Solar Tracking Generating Power System. Engineering Letters, 17:4, EL_17_4_06, Advance online publication.
- International Energy Agency. 2014. How Solar Energy Could be The Largest Source of Electricity by Mid-Century. (Online), (<http://iea.org>, di akses tanggal 21 Maret 2019).
- Jain A., Jain L., dan Jain A. 2011. Solar Tracker, Proceedings of the International Conference & Workshop on Emerging Trends in Technology, pp. 1374. Mumbai.
- Jansen, T. J. 1995. Teknologi Rekayasa Sel Surya, PT Pradnya Paramita: Jakarta.
- J. V. Roger A. 2010. Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press. Third Edition. New York.

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2015. Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia. Jakarta.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. #EnergiBerkeadilan 4 Tahun Kinerja Realisasi hingga 2018. Jakarta.
- Kibet, D. Kenei. 2016. Solar Tracker For Solar Panel Project. Department of Electrical and Information Engineering. University of Nairobi. Kenya.
- L., Agfiyanto, E. P. 2004. Belajar mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dalam aplikasi). Edisi 2, Gaya Media, Yogyakarta.
- Mohiuddin, AKM., Sabarudin, M, S. B., Khan, Ali, A., dan Ihsan, I. S. 2017. Design and Development of Hybrid Energy Generator (Photovoltaics) with Solar Tracker. Makalah dipresentasikan pada *International Conference on Mechanical, Automotive and Aerospace Engineering 2016*. Malaysia.
- Papalias, T., dan Wong, M. 2006. Making sense of light sensors. (<http://eetimes.com>, diakses tanggal 17 Februari 2019).
- Purwono, J., Muchlas., dan Sutikno, T. 2008. Sistem kendali penjejak matahari dua lintasan kebebasan berbasis mikrokontroler AT89C51. Program Studi Teknik Elektro. Universitas Ahmad Dahlan: Yogyakarta. Vol.6, No.3, pp:199.
- Rusminto, T. W. 2003. Solar cell sumber energy masa depan yang ramah lingkungan. Berita IPTEK, Jakarta.
- Tharamuttan, J. K. dan Ng. Keong, Andrew.2017. Design and development of an automatic solar tracker. Makalah dipresentasikan pada *Low Carbon Cities & Urban Energy Joint Conference, WES-CUE 2017*. 19-21 Juli 2017. University of Glasgow Singapore.
- Tim *Contained Energy* Indonesia. 2011. Buku Panduan Energi yang Terbarukan. PT Cipta Tani Lestari.
- Yudiartono., Anindhita., Sugiyono, A., Wahid, A. M. L., Adiarso. 2018. Outlook Energi Indonesia 2018. Jakarta.

