Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika (JTMEI)
Vol.1, No.1 Maret 2022
e-ISSN: 2963-7805; p-ISSN: 2963-8208, Hal 07-15

Perbaikan Sistem Pelacakan Panel Surya Menggunakan Penyesuaian Posisi Massa Tambahan

Ericson Rajagukguk
Program Studi Teknik Elektro Universitas Panca Budi Medan, Indonesia
Korespondensi penulis: ericson.rajagukguk98@gmail.com

Abstract. This study aims to obtain an effective solar panel tracking mechanism using energy-efficient electric actuators. Furthermore, we designed and implemented a semi-active solar tracking system. A tracking system is proposed to control solar panel orientation using a moving mass, a spring system, and an actuator. The weight of the moving mass and the spring constant are optimized to reduce actuator size. A stepper motor was used for this case. This electric drive is not the prime mover of the solar tracker; hence, it works against mass elements lighter than solar panel weight as used in the active solar tracker. Experimental results suggest that the average power required by the stepper motor is 0.21% of the energy generated by the solar tracking system. The results indicate that the proposed solar panel tracker works satisfactorily to control solar panel orientation.

Keywords*: Energy consumption, Additional mass position, Output power, Semi-active, Solar tracking.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan mekanisme pelacakan panel surya yang efektif menggunakan aktuator listrik hemat energi. Selanjutnya, kami merancang dan menerapkan sistem pelacakan surya semi-aktif. Sebuah sistem pelacakan diusulkan untuk mengontrol orientasi panel surya menggunakan massa bergerak, sistem pegas, dan aktuator. Berat massa bergerak dan konstanta pegas dioptimalkan untuk mengurangi ukuran aktuator. Motor stepper digunakan untuk kasus ini. Penggerak listrik ini bukan penggerak utama pelacak surya; karenanya, ia bekerja melawan elemen massa yang lebih ringan dari berat panel surya seperti yang digunakan dalam pelacak surya aktif. Hasil percobaan menunjukkan bahwa daya rata-rata yang dibutuhkan oleh motor stepper adalah 0,21% dari energi yang dihasilkan oleh sistem penjejak surya.

Kata kunci: *Konsumsi energi, Posisi massa tambahan, Daya keluaran, Semi-aktif, Pelacakan surya.*

Received Januari 07, 2022; Revised Februari 2, 2022; Maret 22, 2022
* Ericson Rajagukguk, ericson.rajagukguk98@gmail.com

LATAR BELAKANG

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang digunakan untuk pembangkit listrik. Diperkirakan energi matahari dapat menyediakan sekitar 27.000 kali energi yang dihasilkan dari semua sumber energi lainnya [1]. Selain itu, permukaan bumi menerima radiasi matahari rata-rata 600 W/m2/hari [2].

Panel surya memiliki kelemahan mengenai keluaran daya yang rendah (kurang dari 20% efisien); karenanya, aplikasi konvensional dibatasi [3]. Panel surya memiliki efisiensi yang rendah, dan ini merupakan tantangan signifikan yang menghambat pengembangan dan penggunaan energi surya. Daya keluaran sel surya ditentukan oleh beberapa faktor yaitu suhu, tingkat radiasi, dan sudut sinar matahari [4]. Menggunakan sistem pelacakan surya adalah alternatif yang layak untuk memaksimalkan produksi energi. Sistem ini dapat menyesuaikan orientasi modul surya dan menyelaraskannya dengan arah sinar matahari; karenanya, modul selalu menghadap matahari meskipun posisinya berubah sepanjang hari [5].

Desain pelacakan surya umumnya menggunakan aktuator yang terdiri dari motor listrik untuk membentuk penggerak utama. Sistem pelacak ini memiliki kinerja yang baik; namun, ini membutuhkan daya listrik yang relatif lebih besar karena merupakan penggerak utama yang bekerja langsung melawan gaya gravitasi pada pelacakan mataharisistem. Penelitian ini mengusulkan desain sistem pelacakan surya baru yang terdiri dari kontrol orientasi berbasis massa bergerak. Penggerak listrik dalam sistem ini dirancang untuk bekerja melawan elemen massa yang lebih ringan daripada panel surya di sistem pelacak aktif.

KAJIAN TEORITIS

Sistem Pelacakan Surya

Pelacak surya adalah perangkat yang digunakan untuk mengarahkan panel surya ke arah matahari. Pelacak yang ideal memungkinkan sel panel surya menghadap matahari. Ini dapat mengubah sudut elevasi modul surya (sepanjang hari), lintang (selama perubahan musim), dan sudut azimuth. Berdasarkan arah gerakan, pelacak surya adalahdiklasifikasikan menjadi pelacak sumbu tunggal dan sumbu ganda. Sedangkan metode pelacakan pasif (mekanis) dan aktif (listrik) mengklasifikasikan sistem ini berdasarkan pergerakan pelacak [6].

Kedua sistem memiliki kelebihan dan kekurangan terkait dengan instalasi dan pengoperasian.Biaya, keandalan, konsumsi energi, pemeliharaan, dan kinerja keseluruhan adalah parameter yang berbeda untuk menganalisis sistem tersebut [7].

Pelacak sumbu ganda relatif kompleks tetapi lebih efisien karena melacak matahari di kedua sumbu. Ini adalah pilihan terbaik untuk lokasi yang memiliki variasi musiman dalam posisi matahari sepanjang tahun. Pelacak sumbu tunggal lebih cocok untuk tempat-tempat di sekitar khatulistiwa tanpa perubahan posisi matahari yang signifikan sepanjang tahun [8].

Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika (JTMEI)
Vol.1, No.1 Maret 2022
e-ISSN: 2963-7805; p-ISSN: 2963-8208, Hal 07-15

Pelacakan Pasif (mekanis)

Pelacakan pasif, juga dikenal sebagai mekanikpelacakan, adalah metode pelacakan sinar matahari yang telah digunakan sejak lama; ini bekerja berdasarkan termal ekspansi. Sistem ini bekerja dengan menggabungkan dua strip bimetal dan membentuk paduan memori. Pemanasan matahari menyebabkan ketidakseimbangan, menyebabkan pelacak bergerak

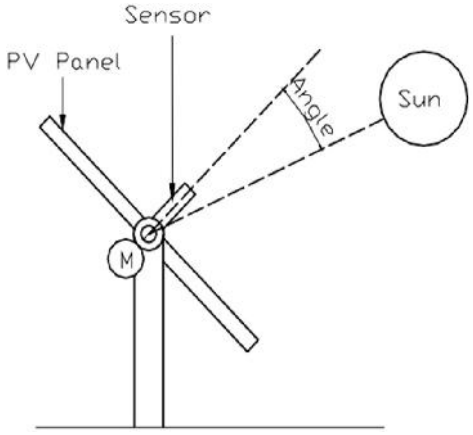
Pelacakan surya pasif bekerja berdasarkan ekspansi termal dari kombinasi dua strip bimetalik yang terbuat dari aluminium dan baja. Kedua strip tersebut memiliki koefisien muai panas yang berbeda sehingga menyebabkan ketidakseimbangan dan memudahkan pergerakan [6].

Konsep induksi ekspansi termal juga telah digunakan untuk sistem pelacakan pasif sumbu ganda. Hal ini didasarkan pada pemuaian panjang material saat terkena sinar matahari.

Proses pengukuran menggunakan tiga flat tipisstrip vertikal dengan orientasi berbeda, diperkuat dengan tuas untuk memungkinkan pelacakan sinar matahari. Menggunakan sistem pelacakan berbasis pengukuran seperti itu dapat meningkatkan produksi daya panel surya sebesar 28% [11].

Pelacakan Aktif (listrik)

Pelacak surya aktif atau pelacakan surya listriksistem menggunakan aktuator listrik berbasis motor dan roda gigi untuk mengubah orientasi panel surya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Sinyal kontrol pelacakan nilai dan arah berfungsi sebagai input untuk motor. Kontrol penggerak motor dapat diimplementasikan menggunakan mikroprosesor atau Programmable Logic Controller (PLC) berdasarkan sensor atau data yang tersedia. Pelacak ini diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan arah gerakan: pelacak sumbu tunggal dan sumbu ganda.



Gambar 1. Pelacak surya aktif [6]

Sistem pelacakan aktif sumbu tunggal menggunakan panel surya untuk melacak matahari dari timur ke barat menggunakan titik pivot tunggal, seperti yang

ditunjukkan pada gambar 2. Sistem pelacakan sumbu tunggal umumnya terdiri dari dua sensor LDR yang ditempatkan di kedua sisi panel. Beberapa studi tentang aktuator sistem pelacakan sumbu tunggal ini menunjukkan bahwa kontrol sistem dapat diimplementasikan menggunakan mikrokontroler yang menggerakkan motor DC, motor stepper, atau motor servo [12-20].

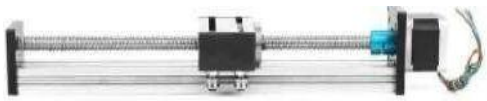
Pelacak sumbu ganda adalah sistem pelacakan aktif lainnya yang melacak matahari dari timur ke barat danutara ke selatan menggunakan dua titik pivot. Sistem pelacakan poros ganda menggunakan empat sensor LDR, dua motor, dan pengontrol. Sensor LDR menghadap empat arah berbeda; motor digunakan untuk memiringkan pelacak ke arah timur-barat matahari. Sensor dan motor lain dipasang di bagian bawah tracker untuk memiringkan tracker ke arah utara-selatan matahari. Dengan sistem seperti itu, tingkat radiasi matahari pada panel dapat dipertahankan di atas 140 w/m2 [21].

METODE PENELITIAN

spesifikasi

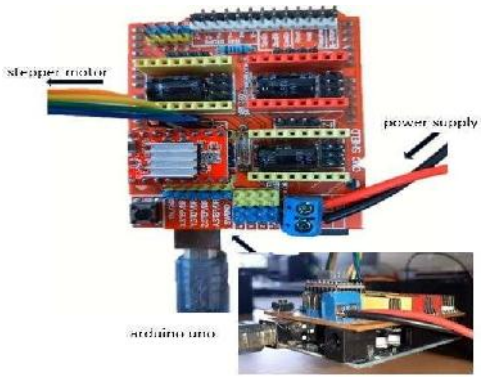
Penelitian ini mengusulkan suatu teknik untuk mengontrol orientasi panel surya menggunakan gaya gravitasi yang tidak seimbang pada panel surya akibat pergerakan massa yang ditambahkan.

Center of mass positioning bekerja dengan menggunakan penggerak listrik berbasis motor stepper yang hemat energi, praktis, dan mudah dioperasikan. Penggerak listrik ini bukan penggerak utama pelacak surya. Oleh karena itu, tidak bekerja melawan pelacak surya. Namun, ia bekerja melawan massa yang lebih ringan dari berat panel surya. Mekanisme kerja ini diharapkan dapat menjamin efisiensi energi panel surya yang lebih tinggi. Gambar 4 menggambarkan mekanisme sekrup bola berbasis motor stepper yang digunakan untuk penelitian ini. Motor stepper NEMA17HS4401 digunakan dengan driver stepper A4988. Arduino Uno
+ Pengontrol CNC Shield menggunakan kode-G
bahasa pemrograman (komputer numerik)kontrol (CNC) bahasa pemrograman), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Tabel 1 dan 2 daftar spesifikasi motor stepper dan panel surya yang digunakan untuk penelitian ini.



Gambar. 2 Sekrup bola dengan mekanisme motor stepper untuk pelacak surya

Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika (JTMEI)
Vol.1, No.1 Maret 2022
e-ISSN: 2963-7805; p-ISSN: 2963-8208, Hal 07-15



Gambar 3 Arduino Uno +CNC Shield controller

Rancangan

Kontrol semi-aktif untuk platform kontrol orientasi panel surya akan diimplementasikan dengan parameter kekakuan massa dan pegas. Massa yang ditambahkan ke platform memiliki posisi variabel, dan kekakuannya ditetapkan konstan. Perancangan sistem solar tracker pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar
6. Massa tambahan ditempatkan pada sekrup bola yang terhubung langsung ke motor stepper. Massa yang ditambahkan dapat diganti dengan bobot yang berbeda, sesuai kebutuhan. Posisi massa diubah dengan mengatur motor stepper melalui driver stepper dengan pengontrol Arduino Uno dan CNC Shield.

Pergeseran posisi massal terjadi di lima posisi, mulai dari 1 hingga 5. Setiap posisi terdiri dari dua jam waktu henti. Jarak antara duaposisinya 10 cm, disesuaikan dengan panjang lintasan pada sekrup bola. Setiap perubahan posisi massa mengubah orientasi panel surya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel
3. Tegangan dan arus panel surya diukur antara pukul 07:00 dan 16:30. Pengukuran tegangan dan arus solar tracker diperlukan untuk mengetahui efektifitas penambahan massa pada sistem tracking.

Pengaturan eksperimen

Dua panel surya dengan nilai 50 Wp digunakan untuk percobaan ini. Satu panel dipasang pada posisi tetap; tidak ada perubahan orientasi antara pukul 07.00 dan 16.30. Panel ini dipasang untuk mengukur output.

Percobaan ini dimulai dengan mengatur posisi beban dengan perbandingan antara massa tambahan dan berat tata surya (m/mp) = 30%. Lima posisi massa dipisahkan masing-masing 10 cm. Jarak (r) relatif terhadap setengah panjang lintasan(r/0.5rt). Perubahan posisi ini dilaksanakan berdasarkan pengaturan waktu. Perpindahan massa menyebabkan perubahan orientasi panel surya. Kekakuan pegas

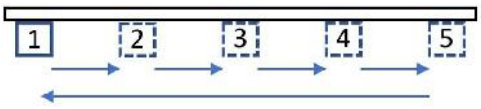
adalah k=200 N/m. Hal ini ditentukan berdasarkan gaya dalam sistem panel surya karena percepatan sudut yang disebabkan oleh massa tambahan 2 kg. Ini percobaan menggunakan busur derajat digital untuk mengukursudut pada setiap posisi. Eksperimen ini bertujuan untuk memastikan sekrup bola berbasis motor stepper yang digunakan dalam mekanisme pelacak surya memiliki konsumsi energi yang rendah dan tidak terpengaruh oleh massa tambahan dan perubahan posisi. Oleh karena itu, pengaturan eksperimental dilakukan dengan memvariasikan massa tambahan sebesar kg, 1 kg, dan 2 kg atau m/mp, setara dengan 7,5%, 15% dan 30%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelacak surya berbasis sekrup bola digunakan untuk memasang panel surya. Panel surya 50 Wp yang identik dipasang dan diukur secara bersamaan. Hasil eksperimen seperti tegangan, arus, dan konsumsi daya untuk pengoperasian motor stepper dirinci pada Tabel 3.

W (66,58 Wh) lebih dari daya sistem tetap 5,79 W (55,03 Wh). Peningkatan efisiensi menggunakan sistem tracker dapat dihitung dengan membandingkan perbedaan daya keluaran. Dengan demikian, sistem pelacak memberikan efisiensi 21% lebih banyak daripada sistem tetap. Konsumsi energi motor stepper adalah
0,14 Wh, atau 0,21% dari energi yang dihasilkan oleh sistem pelacak, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Waktu pengoperasian motor stepper pada setiap posisi massa tambahan menunjukkan konsumsi energi yang sesuai. Semua pasangan posisi dipisahkan oleh jarak yang sama, seperti yang dijelaskan di bagian desain. Pergeseran posisi dari lima ke satu menunjukkan perubahan posisi panel surya barat-timur pada siang hari. Gambar 8 menggambarkan skema pemosisian massa tambahan.



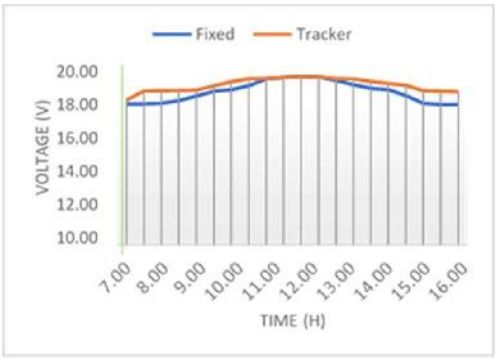
Gambar 4. Skema pemosisian massa tambahan

Daya rata-rata 5,87 W. Motor ini beroperasi berdasarkan pengaturan waktu yang telah ditentukan hanya selama proses perpindahan massa tambahan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa daya yang dibutuhkan oleh motor stepper tidak terpengaruh oleh kenaikanmassa dan posisi massa dalam lintasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa motor stepper memutar sekrup bola, tidak secara langsung menggerakkan platform panel surya. Strategi ini lebih baik untuk mengurangi konsumsi energi aktuator dengan menyesuaikan orientasi panel surya menggunakan daya minimal. Daya keluaran panel surya diukur antara pukul 07.00 hingga 16.30.

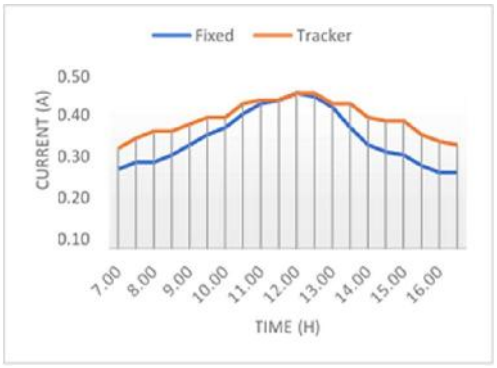
Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika (JTMEI)
Vol.1, No.1 Maret 2022
e-ISSN: 2963-7805; p-ISSN: 2963-8208, Hal 07-15

Hasil pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 9, 10, dan 11.

Selanjutnya Tabel 4 menjelaskan bahwa daya yang dibutuhkan oleh motor stepper tidak dipengaruhi oleh penambahan massa dan posisi lintasan. Data percobaan menunjukkan bahwa motor stepper dalam aplikasi mekanisme pelacakan semi aktif efektif. Daya keluaran rata-rata dari sistem pelacakan adalah 7,01



Gambar. 5 Perbandingan tegangan keluaran panel surya untuk sistem tetap dan pelacak



Gambar 6. Perbandingan arus panel surya untuk sistem tetap dan pelacakTabel 1 Konsumsi daya motor stepper untuk nilai massa tambahan yang berbeda

Posisi	*m/mp*=7,5%			*m/mp*=15%			*m/mp*= 30%		
	Saat ini (SEBUAH)	Voltase (V)	Kekuasaan (P)	Saat ini (SEBUAH)	Voltase (V)	Kekuasaan (P)	Saat ini (SEBUAH)	Voltase (V)	Kekuasaan (P)
1-2	0.12	12.50	1.50	0.12	12.50	1.50	0.12	12.50	1.50
2-3	0.13	12.28	1.60	0.12	12.28	1.60	0.13	12.28	1.60
3-4	0.14	12.42	1.74	0.14	12.42	1.74	0.14	12.43	1.74
4-5	0.16	11.52	1.96	0,15	11.52	1.96	0.17	11.52	1.96
5-1	0.24	11.51	2.76	0,23	11.51	2.76	0.24	11.52	2.76

Hasil ini menunjukkan bahwa konsumsi daya sistem tracker kurang dari [27], yang kemudian menjadi solusi alternatif untuk mengembangkan sistem solar tracker dengan konsumsi daya aktuator rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Studi ini berkontribusi pada pengetahuan dengan membandingkan kinerja panel surya dengan dan tanpa sistem pelacakan. Pelacak surya berbasis massa tambahan memberikan output daya 21% lebih banyak daripada sistem tetap selama periode pengukuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi daya motor stepper sebagai aktuator adalah 0,14 Wh atau 0,21% dari daya yang dihasilkan menggunakan sistem tracker.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan motor stepper pada mekanisme pelacakan adalahefektif. Studi ini mencantumkan solusi yang diterapkan untuk pelacakan matahari aktif dan pasif. Selain itu, hasil eksperimen melengkapi simulasi di
[29] menggunakan metode kontrol semi-aktif dengan massa, kekakuan, dan redaman digunakan sebagai parameter dinamis.

DAFTAR REFERENSI

[1] Alexandru C. dan Tatu NI, “Desain optimal pelacak surya yang digunakan untuk string fotovoltaik,”
J. Perbarui. Mempertahankan. ENERGI, jilid. 5, 2013.

[2] Juang J. dan R. Radharamanan, “Desain Sistem Pelacakan Surya untuk Energi Terbarukan,” 2014.

[3] Ayvazyan GY, Kirakosyan GH dan Vardanyan AH, “Operasi Daya Maksimum sistem PV menggunakan kontrol logika fuzzy,” Armen. J.Phys., vol. 1, 2008.

[4] Singh GK, “Pembangkit listrik tenaga surya oleh PV(fotovoltaik) teknologi : Sebuah tinjauan,” Energi, vol. 53, 2013, hlm. 1–13.

[5] Eke R. dan Senturk A., "Perbandingan kinerja pelacakan matahari sumbu ganda versus sistem PV tetap," Sol. Energi, vol. 86, tidak. 9, 2012, hlm. 2665–2672.

[6] Clifford MJ dan Eastwood D., “Desain pelacak surya pasif baru,” Sol. Energi, vol. 77, tidak. 3, 2004, hlm. 269–280.

[7] Nsengiyumva W., Chen SG, Hu L. dan Chen X., “Kemajuan dan tantangan terbaru dalam Sistem Pelacakan Surya (STS): Tinjauan,”*Memperbarui. Mempertahankan. Energi Rev.*, jilid. 81, tidak. April, 2018, hlm. 250–279.

[8] Ya’u JM, Tinjauan tentang Sistem Pelacakan Surya dan Klasifikasinya,” J. Energy, Environ. Kimia Ind., vol. 2, tidak. 3, 2017, hlm. 46–50.

[9] Poulek V., “Menguji pelacak surya baru dengan aktuator paduan memori bentuk,” Conf. Rek. Fotovolt IEEE. Spesifikasi Konf., vol. 1, 1994, hlm. 1131-1133.

[10] León N., García H. dan Ramírez C., “Konsentrator pelacakan surya semi-pasif,” Energy Procedia, vol. 57, 2014, hlm. 275–284.

[11] Brito MC, Pó JM, Pereira D., Simões F., Rodriguez R. dan Amador JC, “Pelacak surya pasif berbasis di diferensial termalperluasan strip vertikal,” J. Renew. Mempertahankan. Energi, vol. 11, tidak. 4, 2019.

[12] Beltrán AJ, González JL, Rubio S. dan García-Beltrán CD, “Desain, manufakturdan uji kinerja pelacak surya yang dibuat dengan kontrol tertanam,” Electron. Robot. Otomotif. mekanisme Kon. CERMA 2007 - Proc., 2007, hlm. 129–134.

[13] Tudorache T. dan Kreindler L., "Desain Sistem Pelacak Surya untuk Pembangkit Listrik PV," Acta Polytech. Hongaria, vol. 7, tidak. 1, 2010, hlm. 23–39.

[14] Chin CS, Babu A. dan Mcbride W., “Desain, pemodelan, dan pengujian pelacak surya aktif sumbu tunggal mandiri menggunakan MATLAB/ Simulink,” Perbarui. Energi, vol. 36, tidak. 11, 2011, hlm. 3075–3090.