

IMPLEMENTASI METODE *PROPORTIONAL-INTEGRAL* (PI) PADA *SINGLE AXIS SOLAR TRACKER* UNTUK LAMPU TAMAN

Ghifar Javad H Aziz¹, and Arnando Fajar Shiddiq²

¹Fakultas Ilmu Komputer, Informatics & Business Institute Darmajaya

²Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Teknokrat Indonesia
e-mail : ¹ghifarjavadhaziz@gmail.com

ABSTRACT

Currently, many garden lights utilize alternative energy from sunlight through the use of solar panels. However, the solar panels used are in a fixed position and lack dynamic movement, resulting in suboptimal energy production. This is due to the fact that the position of the sun changes every hour. This research implements the Proportional-Integral (PI) method on a Single Axis Solar Tracker (SAST) to enhance the power output of solar panels in garden light applications. By utilizing the PI method, the power output of the solar panels on the SAST successfully increased by 14.87 Watts or approximately 15.4% more than the fixed position. The results of this study demonstrate the effectiveness of implementing the PI method on the SAST in improving the efficiency of solar energy absorption and potentially reducing dependence on other electrical energy sources.

Keywords—*PI Control, Solar Tracker, Solar Panel, Garden Light*

ABSTRAK

Saat ini sudah banyak lampu taman menggunakan energi alternatif dari cahaya matahari yaitu pada penggunaan panel surya, namun panel surya yang digunakan masih posisi tetap belum bergerak secara dinamis dan juga kurang maksimal produksinya. dikarenakan posisi matahari selalu berubah di setiap jam. Penelitian ini mengimplementasikan metode Proportional-Integral (PI) pada *Single Axis Solar Tracker* (SAST) untuk meningkatkan daya *output* panel surya pada aplikasi lampu taman. Dengan menggunakan metode PI, daya output panel surya pada SAST berhasil meningkat sebesar 14.87 *Watt* atau sekitar 15.4% lebih besar daripada posisi *fixed*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi metode PI pada SAST efektif dalam meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari dan berpotensi mengurangi ketergantungan pada sumber energi listrik lainnya.

Kata Kunci—Kendali PI, *Solar Tracker*, Panel Surya, Lampu Taman

I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan sumber energi alternatif untuk berbagai aplikasi, termasuk lampu taman, semakin populer. Energi matahari menjadi

sorotan utama sebagai sumber daya yang berkelanjutan dan terbarukan [1]. Panel surya umumnya digunakan untuk menangkap sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik untuk

menghidupkan lampu taman [2]. Namun, pendekatan konvensional dengan menggunakan panel surya posisi tetap memiliki keterbatasan dalam memaksimalkan produksi energi. Hal ini disebabkan oleh perubahan posisi matahari yang terjadi sepanjang hari, yang mengakibatkan tingkat sinar matahari yang berbeda-beda dan penangkapan energi yang kurang optimal [3].

Untuk mengatasi keterbatasan ini, muncul konsep *Single Axis Solar Tracker* (SAST) sebagai solusi yang menjanjikan. SAST adalah mekanisme yang memungkinkan panel surya dapat menyesuaikan posisinya secara dinamis mengikuti pergerakan matahari, mengoptimalkan sudut datang sinar untuk penangkapan energi maksimum [4]. Dengan adanya SAST, panel surya dapat selalu menghadap langsung ke matahari sepanjang hari, meningkatkan efisiensi dan daya produksi energi yang dihasilkan [5].

Namun, implementasi SAST dalam aplikasi lampu taman masih merupakan area penelitian yang terus dikembangkan. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan metode Proportional-Integral (PI) dalam kendali SAST. Metode PI dapat mengatur pergerakan SAST dengan mempertimbangkan perbedaan antara posisi panel surya dengan posisi

matahari yang diinginkan, menghasilkan respon kendali yang optimal untuk mengikuti pergerakan matahari dengan akurat [6].

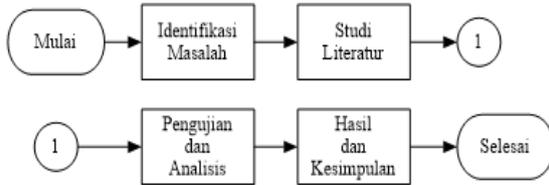
Beberapa penelitian tentang solar tracker telah dilakukan seperti penelitian yang dilakukan oleh Alfis Mandala Putra dan Aslimeri tahun 2020 merancang perangkat solar tracker dengan mengandalkan sensor LDR [7]. Selain itu Sapto Wibowo, Gatot Joeliyanto, dan Ramadhan Ony Gholib tahun 2019 juga merancang perangkat yang sama tetapi menambahkan kendali PI pada sistem [6].

Berdasarkan permasalahan dan penelitian-penelitian sebelumnya, maka penelitian ini dirancang bertujuan untuk mengimplementasikan metode PI pada SAST untuk lampu taman guna meningkatkan daya *output* panel surya secara signifikan dan mencapai efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan panel surya posisi tetap.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan seperti pada gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Pertama, dilakukan studi literatur untuk memahami konsep dasar tentang penggunaan metode Proportional-Integral (PI) pada *Single Axis Solar Tracker* (SAST) dan aplikasinya pada lampu taman. Selanjutnya, desain dan konstruksi SAST dilakukan dengan memperhatikan prinsip mekanik yang memungkinkan gerakan panel surya mengikuti pergerakan matahari.

Selanjutnya, pengujian dilakukan untuk mengukur daya output panel surya dalam posisi fixed (tetap) dan menggunakan SAST dengan metode PI. Dalam pengujian ini, variabel-variabel seperti intensitas cahaya, arah matahari, dan sudut panel surya diambil sebagai input untuk sistem kendali PI. Data daya output diambil dan selisih daya output antara SAST dengan metode PI dan posisi fixed dihitung dan dianalisis dengan parameter *volt*, *ampere* dan *watt*.

Selanjutnya, evaluasi dilakukan dengan membandingkan daya output antara SAST dengan metode PI dan posisi *fixed*. Dalam evaluasi ini, parameter-parameter sistem kendali PI seperti faktor proporsional (P)

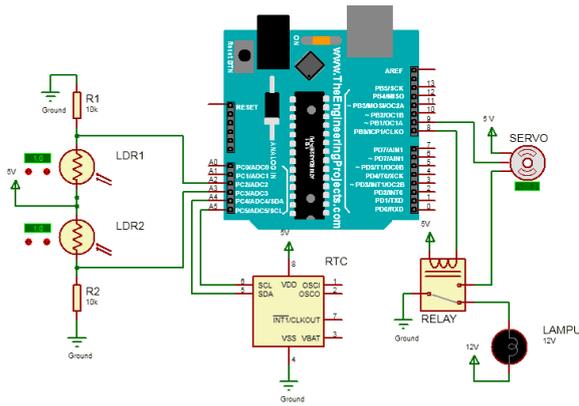
dan faktor integral (I) dapat diubah untuk mencapai hasil yang optimal.

Metode penelitian ini melibatkan implementasi praktis dan pengukuran kinerja sistem SAST dengan metode PI. Data yang diperoleh dari pengujian digunakan untuk menganalisis peningkatan daya output panel surya dan efisiensi energi yang dicapai dengan menggunakan metode PI pada SAST.

Dalam penelitian ini, metode penelitian yang digunakan bersifat eksperimental dengan pendekatan pengukuran dan evaluasi performa sistem. Hal ini memungkinkan peneliti untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja SAST dengan metode PI dalam meningkatkan daya output panel surya dan efisiensi energi secara keseluruhan.

2.2. Rangkaian Sistem

Perancangan rangkaian sistem merupakan gabungan komponen sistem yang terhubung dengan mikrokontroler arduino uno sebagai pembaca input, melakukan proses dan mengendalikan aktuator [8]. Rangkaian sistem pada lampu taman dapat dilihat pada Gambar 2.2 sebagai berikut.



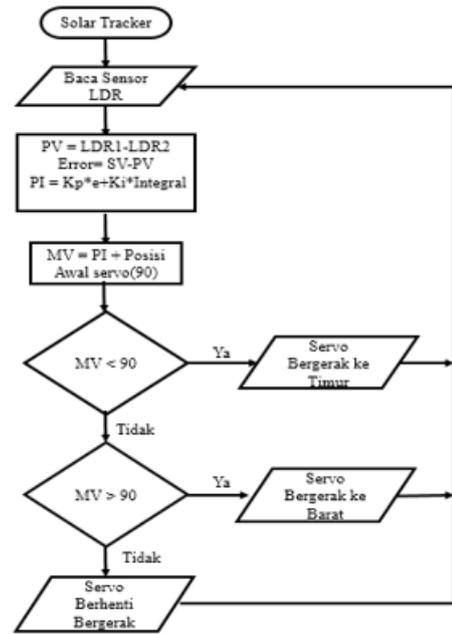
Gambar 2 Rangkaian Sistem

Sistem menggunakan 2 buah sensor LDR sebagai *trigger* atau pembaca intensitas cahaya matahari, *microcontroller* berupa Arduino UNO sebagai pembaca program atau pemberi perintah dan aktuator berupa servo sebagai penggerak *solar panel*.

2.3. Flowchart Solar Tracker

Flowchart merupakan representasi visual dari serangkaian langkah-langkah atau proses dalam suatu sistem atau algoritma. *Flowchart* digunakan untuk menggambarkan urutan logis dari tugas-tugas atau keputusan-keputusan yang diambil dalam suatu proses. *Flowchart* terdiri dari berbagai bentuk geometris yang saling terhubung dengan anak panah yang menunjukkan arah aliran proses.

Berikut adalah *flowchart* dari *solar tracker* pada gambar 2.3.



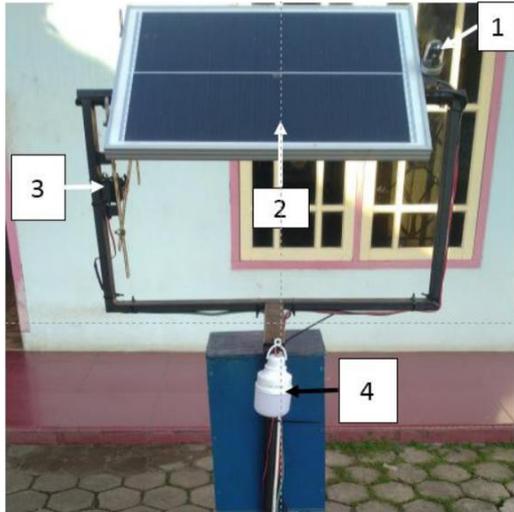
Gambar 3 Flowchart Solar Tracker

Pada Gambar 2.3 merupakan rancangan program *solar tracker* dengan cara membandingkan 2 sensor LDR dengan kendali PI. Sehingga diharapkan servo dapat bergerak mengarah cahaya matahari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perangkat Solar Tracker

Sub bab ini menunjukkan hasil dari perangkat yang telah dirakit berdasarkan rangkaian sistem. Berikut adalah hasil tampak dalam dan luar dari *solar tracker* untuk lampu taman, ditunjukkan pada gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 4 Perangkat

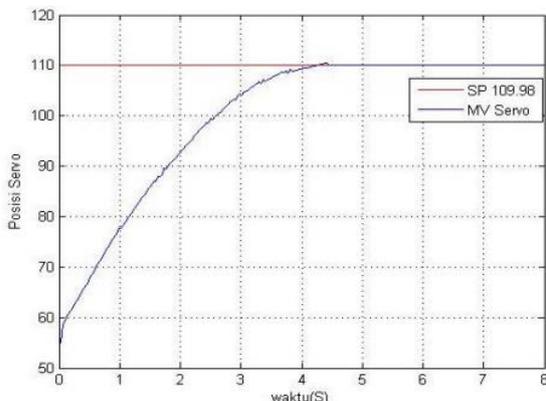
Berikut keterangan dari setiap angka di gambar 3.1 dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 1 Keterangan Gambar 3.1

No	Nama	Fungsi	Konektor Yang digunakan
1	2 Sensor LDR	Sebagai sensor pembanding cahaya	Pin: In1,In2,Gnd,5V
2	Panel Surya	Sebagai pengubah energi cahaya matahari ke energi listrik	Kutub + Kutub -
3	Servo	Sebagai penggerak posisi panel surya	Pin : In,5V,Gnd
4	Lampu	Sebagai beban untuk penerangan cahaya	Kutub + Kutub -

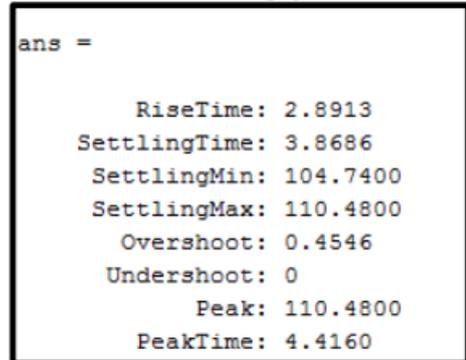
3.2. Analisis Kendali PI

Dari setiap pengujian dilakukan berkali-kali dan di uji gangguannya hingga stabil sehingga didapatkan hasil akhir yang didapatkan adalah sebagai berikut.



Gambar 5 Grafik Pengujian PI

Adapun respon sistem kendali Proporsional-Integral (PI) dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 6 Respon Sistem

Hasil analisis tersebut merupakan hasil respon sistem dengan nilai *tunning* terbaik pada parameter K_p 0.5 dan K_i 0.003 yang nilainya didapatkan dari percobaan *trial and error*. Dari gangguan yang diberikan, bahwa respon sistem bergerak secara perlahan dan stabil kembali ke posisi *set point* dengan nilai *rise time* 2.9 detik, *settling time* 3.9 detik, *overshoot* 0.4 % dan *steady state error* 0. Berikut adalah hasil posisi panel surya yang sudah diterapkan solar tracker.

Tabel 2 Posisi Panel Surya

Jam	Posisi Panel Surya
09.00	120°
10.00	110°
11.00	100°
12.00	90°
13.00	75°
14.00	60°
15.00	55°

Hasil tersebut diukur menggunakan busur derajat berdasarkan waktu.

3.3. Analisis Hasil Daya Panel Surya

Hasil pengujian *solar tracker* ini dilakukan selama 5 hari yang terdiri dari data tegangan (*voltage*), arus (*ampere*) dan daya (*Watt*) panel surya yang diukur menggunakan multimeter dengan dua kondisi pergerakan yaitu *Tracking* (dinamis) dan *Fixed* (Statis) data ini diambil pada kondisi cerah. Data daya merupakan hasil sementara dari perkalian tegangan dan arus. Berikut tabel pengujian dari tanggal 25 Juli 2021 sampai 30 Juli 2021.

Tabel 3 Hasil Pengujian Daya

Tracker		Fixed	
Jam	Rata - Rata Watt	Jam	Rata - Rata Watt
09.00	12.89	09.00	8.54
10.00	14.09	10.00	12.18
11.00	15.10	11.00	14.67
12.00	12.84	12.00	12.87
13.00	15.26	13.00	14.38
14.00	13.94	14.00	10.90
15.00	12.26	15.00	7.98
Total	96.38	Total	81.51

Dalam tabel ini rata – rata daya tertinggi terjadi pada jam 13.00 yaitu tracker 15.26 dan fixed 14.38. Besar total selisih antara dua posisi tersebut adalah 14.87 Watt atau jika dipersentasikan sekitar 15.4 % lebih besar *tracker* daripada *fixed*

3.4. Analisis Hasil Lampu Taman

Pada hasil analisis lampu taman ini membahas penggunaan daya energi kerja sistem dan juga penggunaan daya lampu taman pada siang hari dan malam hari yang diukur meliputi tegangan, arus dan daya. Berikut adalah hasil pengukuran

daya kerja sistem komponen lampu taman pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Pengujian Daya Lampu

Nama / Satuan	Volt	Amp	Watt	Waktu	
				Jam	Watt
Servo	5	0.2516	1.258	7	8.806
Arduino & Sensor Tracker	5	0.0455	0.2275	7	1.5925
Lampu	12	0.42	5.04	12	60.48
Arduino & Sensor	5	0.0353	0.1765	17	3.0005
Solar Charger Controller	12	0.006	0.072	24	1.728
Total Watt Per hari Lampu Taman					75.607

Pada perhitungan tabel diatas total *watt* per hari lampu taman adalah 75.6 *watt*, penggunaan daya lampu taman ini tercukupi karena total produksi energi panel surya rata-rata perhari menggunakan tracker 96.38 *watt* atau posisi *fixed* 81.51 *watt*. Hasil cara kerja sistem lampu taman secara keseluruhan berdasarkan waktu sebagai berikut:

1. Jam 09.00 sampai jam 16.59 pelacak cahaya matahari (*solar tracker*) aktif. servo menggerakkan panel surya sesuai dengan posisi cahaya yang paling terang dengan membandingkan dua sensor cahaya menggunakan kendali proportional - integral.
2. Jam 17.00 servo memposisikan panel surya ke posisi arah terbit matahari dengan nilai derajat 125° lalu sistem menonaktifkan pelacak cahaya matahari melalui servo.
3. Jam 18.00 sampai jam 05.59 *relay* (off) mengaktifkan lampu taman.

4. Jam 06.00 sampai jam 17.59 *relay* (on) menonaktifkan lampu taman.

4. SIMPULAN

Berdasarkan rancangan, pengujian dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sebagai berikut :

1. Telah berhasil mengimplementasikan kendali Proportional – Integral pada panel surya lampu taman mengikuti cahaya matahari dengan stabil pada nilai parameter K_p 0.5 dan K_i 0.003 respon sistem bergerak secara perlahan dan stabil kembali ke posisi *set point* dengan nilai *rise time* 2.9 detik, *settling time* 3.9 detik, *overshoot* 0.4 dan *steady state error* 0.
2. Perancangan solar tracker system pada lampu taman telah berhasil meningkatkan daya *output* pada panel surya memiliki nilai selisih 14.87 *Watt* atau 15.4 % lebih besar daripada posisi *fixed*.
3. Telah berhasil membuat lampu taman yang aktif secara otomatis. Pada siang hari solar tracker aktif pada jam 9 - 17 lalu malam hari lampu taman aktif pada jam 18 – 6 pagi menggunakan penjadwalan waktu RTC (*real time clock*).

PENELITIAN LANJUTAN

Sebagai pengembangan pada penelitian selanjutnya menggunakan *inverter* supaya bisa menghidupkan lampu arus bolak – balik (AC).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. M. D. E. C. D. E. Los, “No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title,” pp. 37–46.
- [2] A. Julisman, I. D. Sara, and R. H. Siregar, “Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola,” *KITEKTRO J. Online Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2017.
- [3] B. Kwon, S. Jung, and T. Kim, “권병기 1, 정승기 2, 김태형 +,” vol. 19, no. 4, pp. 332–341, 2014.
- [4] A. B. Pulungan, Q. Fajri, and I. Yelfianhar, “Peningkatan Daya Keluaran Panel Surya Menggunakan Single Axis Tracker Pada Daerah Khatulistiwa,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 2, p. 261, 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i2.113304.
- [5] C. Y. Lee, P. C. Chou, C. M. Chiang, and C. F. Lin, “Sun tracking systems: A review,” *Sensors*, vol. 9, no. 5, pp. 3875–3890, 2009, doi:

10.3390/s90503875.

- [6] S. Wibowo, G. Joelianto, and R. O. Gholib, “Desain dan Implementasi Solar Tracker pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Kecil Menggunakan Kontroler Propotional-Integral (PI),” vol. xx, no. 9, 2019.
- [7] A. M. Putra and A. Aslimeri, “Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR,” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, p. 322, 2020, doi: 10.24036/jtev.v6i1.107775.
- [8] R. Y. Nasution, H. Putri, and Y. S. Hariyani, “Perancangan Dan Implementasi Tuner Gitar Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Berbasis Arduino,” *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 83–94, 2016, doi: 10.25124/jett.v2i1.96.