

SISTEM TRACKING BERBASIS PID DAN MONITORING ARUS DAN TEGANGAN SOLAR PANEL SEBAGAI INTERNET OF THINGS

Syaiful Anwar¹, Nazori AZ²

1. Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur
Jakarta, Indonesia

¹syaiful.anwar@outlook.com, ²nazori@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini telah dirancang tentang sistem tracking solar panel dual axis untuk memaksimalkan penerimaan cahaya matahari dan monitoring tegangan dan arus solar panel sebagai internet of things melalui aplikasi pada android. Sistem ini terdiri dari panel surya 50 WP, baterai 12V, sensor LDR (Light Dependent Resistor), sensor tegangan, sensor arus, motor servo, driver motor dan mikrokontroler arduino mega 2560. Sistem bekerja dengan prinsip membandingkan intensitas cahaya terhadap empat buah sensor LDR untuk menentukan arah datangnya cahaya. Solar panel akan diarahkan tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari untuk memaksimalkan energi yang dihasilkan oleh solar panel. Dengan menggunakan metode PID dengan nilai parameter PID yaitu, $K_p = 5$; $K_i = 1$; $K_d = 200$. Empat buah sensor LDR dapat mengikuti setiap perubahan pergerakan matahari dan memposisikan solar panel tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa solar panel dapat bergerak mengikuti arah cahaya matahari dari 51° pada pukul 10 sampai menjadi 142° pada pukul 15.00 pada axis barat-timur dan terjadi perubahan sudut dari 85° pada pukul 10.00 menjadi 72° pada pukul 15.00. Sebagai Internet of Things, tampilan monitoring output arus dan tegangan dari solar panel melalui internet dengan memanfaatkan platform Thingspeak dan memonitoring dengan android melalui aplikasi browser secara nirkabel memudahkan dalam mengetahui nilai output arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar panel.

Kata kunci: solar panel tracking; dual axis; arduino mega; PID control; Internet Of Things.

ABSTRACT

In this research, a dual axis solar panel tracking system has been designed to maximize the reception of sunlight and monitor the voltage and current of solar panels as the internet of things through applications on Android. This system consists of a 50 WP solar panel, a 12V battery, an LDR (Light Dependent Resistor) sensor, a voltage sensor, a current sensor, a servo motor, a motor driver and an Arduino Mega 2560 microcontroller. The system works on the principle of comparing light intensity to four LDR sensors for determine the direction of the light. Solar panels will be directed perpendicular to the direction of sunlight to maximize the energy produced by solar panels. By using the PID method with PID parameter values, namely, $K_p = 5$; $K_i = 1$; $K_d = 200$. Four LDR sensors can follow any changes in the movement of the sun and position the solar panels perpendicular to the direction of the sun. From the test results, it was found that solar panels can move following the direction of sunlight from 51° at 10 o'clock to 142° at 15.00 on the west-east axis and there is a change in angle from 85° at 10.00 to 72° at 15.00. As the Internet of Things, the monitoring display of current and voltage output from solar panels via the internet by utilizing the Thingspeak platform and monitoring with Android via a wireless browser application makes it easy to find out the current and voltage output values generated by solar panels.

Keywords: solar panel tracking; dual axis; Arduino mega; PID control; Internet of Things.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi pokok yang penting dan dibutuhkan oleh manusia. Energi listrik

didapat dari berbagai konversi energi yang tidak bisa diperbaharui. Semakin berkembangnya teknologi perubahan energi dari alam menjadi enegeri listrik

sudah banyak dikembangkan. Salah satu bentuk energi dari alam yang bisa dimanfaatkan untuk dirubah menjadi energi listrik adalah energi dari cahaya matahari. Cahaya matahari merupakan bentuk energi yang dapat dimanfaatkan untuk dirubah menjadi energi listrik. Dengan solar panel, energi cahaya dari matahari dapat dirubah menjadi energi listrik. Pada umumnya solar panel dipasang menghadap ke arah matahari, solar panel akan menghasilkan energi listrik optimal pada saat cahaya matahari tegak lurus terhadap solar panel. Matahari bergerak dari arah timur ke barat, maka saat waktu-waktu tertentu *output* yang dihasilkan oleh solar panel tidak optimal. Serta *output* nilai arus dan tegangan yang dihasilkan tidak mudah untuk dimonitoring.

Berdasarkan permasalahan pada tidak optimalnya energi listrik yang dihasilkan pada waktu-waktu tertentu dan monitoring yang tidak mudah seperti yang diuraikan diatas, dirancang suatu sistem solar panel *tracking* yang menggerakkan solar panel tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari secara otomatis dan mudah untuk memonitoring hasil *output* berupa arus dan tegangan melalui internet pada aplikasi di android.

Ada beberapa sistem solar panel *tracking* yang sudah dirancang sebelumnya diantara seperti referensi dengan pembahasan mengenai perancangan dan pembuatan *prototype* sistem *tracker* sel surya oleh Mairizwan dan Hendro, pada penelitiannya telah berhasil meningkatkan daya keluaran sebesar 14,03 % dengan menggunakan sistem *tracker* sistem *tracker* surya yang bekerja dan memiliki karakteristik statik berdasarkan sistem elektronik dan sistem mekanik. Komponen utama terdiri atas *photodiode*, motor, dan mikrokontroler Atmega328, dan menggunakan bahasa pemrograman Arduino IDE sebagai perangkat lunak. [1]

Pada Jurnal referensi oleh Y. Wiranatha, J. Kusuma, N. Soedjarwanto, A. Trisanto, dan D. Despa membahas mengenai rancang bangun penggerak otomatis panel surya dengan hasil berupa alat solar *tracker* menggunakan sensor *photodiode*, mikrokontroler ATmega 16, perangkat lunak *codevision avr*, motor servo, LCD, sistem kendali *loop* terbuka (*open loop*). Memberikan hasil dengan sistem penggerak otomatis sebesar 70,45Wh, sedangkan panel surya yang dipasang dengan posisi diam hanya 46,3Wh.[2] Kekurangan dari alat ini adalah pergerakan dari motor servo tidak mampu

berjalan dengan halus, ini dikarenakan desain mekanik dari sistem penggerak belum baik, sehingga diperlukan desain mekanik yang mampu membuat motor servo bekerja sesuai dengan kapasitasnya.

Pada Jurnal referensi oleh J. Custer, M. Idham, dan J. Lianda membahas tentang sistem kontrol panel surya dua dimensi dengan hasil alat solar *tracker* menggunakan modul RTC sebagai sensor, arduino *nano* sebagai kontroler, motor DC sebagai penggerak dan LCD sebagai penampil *output*. Dari percobaan ini telah menghasilkan sistem kontrol untuk mengoptimalkan daya panel surya. Nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dapat ditampilkan melalui LCD. Daya yang dihasilkan sebesar 491 watt.[3] Kekurangan dari alat ini adalah hanya menggunakan *single axis*.

Pada Jurnal referensi oleh T. Prahara dan Suryono membahas mengenai sistem kontrol cerdas pelacak sumber cahaya menggunakan kontrol *proportional integral derivative* dengan hasil berupa alat dengan rangka sistem informasi penjejakan cahaya dibagi menjadi tiga tahapan yaitu *input*, proses dan *output*. Dalam tahapan input dilakukan masukan dari sensor-sensor pada modul sensor dibaca oleh ADC pada mikrokontroler. Pada tahapan proses dilakukan proses algoritma kontrol PID, kemudian proses *Fuzzy* dilakukan setelah Proses kontrol PID selesai. Pada tahapan output dari proses PID didapatkan perintah menggerakkan motor servo untuk menggerakkan modul mengarah pada posisi yang tepat. Tahapan output dari proses *Fuzzy* adalah menghasilkan data arah dan sudut elevasi. Menggunakan mikrokontroler IC ATmega328, sensor LDR, algoritma PID dan *fuzzy*. Menghasilkan pemanfaatan metode *fuzzy logic* dan sistem kontrol PID sebagai sistem cerdas pelacakan sumber cahaya dapat meningkatkan kecepatan pengukuran. Sistem ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber informasi arah datangnya sinar matahari untuk menempatkan solar panel pada posisi yang paling optimal agar dapat menyerap energi matahari secara maksimal. [4] Kerukaran dari alat ini adalah tidak ada monitoring penampil untuk membaca hasil data *output* alat.

Pada Jurnal referensi R. Syafrialdi membahas mengenai rancang bangun solar *tracker* dengan penampil LCD dengan hasil alat solar *tracker* otomatis menggunakan rangkaian catudaya, rangkaian mikrokontroler ATmega8535, LCD, rangkaian *driver* motor *stepper*, dan rangkaian

sensor LDR, logika pemrograman bahasa BASCOM-AVR dapat meningkatkan tegangan keluaran sel surya hingga 11,53% dibandingkan yang statis. Tegangan maksimum keluaran sel surya yang menggunakan solar *tracker* adalah 11,57 V naik sebesar 1,18 V dibandingkan yang statis. Kekurangan dari alat ini adalah hanya menggunakan LCD sebagai penampil data, belum menggunakan sistem wireless untuk menampilkan hasil output tegangan. [5].

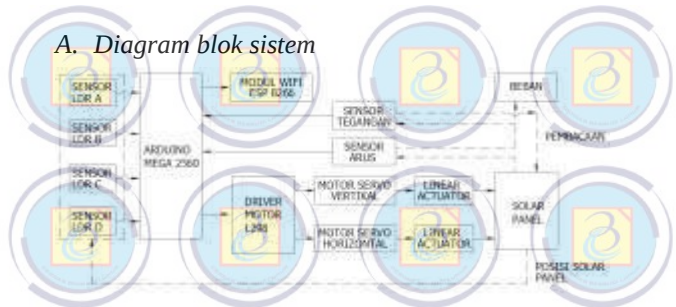
Pada Jurnal referensi Syahab dan Romadhon membahas mengenai rancang bangun solar *tracker* otomatis berbasis *internet of things* didapatkan alat solar *tracker* otomatis dengan sensor LDR, mikrokontroler berupa Arduino Uno dan Mega, motor *stepper*, regulator, panel surya, pemrograman bahasa C dengan software Arduino IDE dan metode sistem ON/OFF. Menghasilkan monitoring data berupa tegangan, arus dan daya yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya tetap dengan nilai rata-rata arus 0.538 Ampere, tegangan 19.902 Volt, dan daya 10.707 Watt yang ditampilkan pada *Thingspeak* dan *Virtuino*. [6] Kekurangan dari alat ini adalah hanya menggunakan single axis sebagai penggerak solar panel dan tidak menggunakan algoritma PID.

Dari penelitian yang telah dilakukan pada referensi dengan masing – masing kelebihan serta kekurangan, pada penelitian ini telah menambahkan kelebihan perbedaan sistem yang dirancang adalah penggunaan metoda kendali PID dalam proses penggerakan solar panel 50 WP dan menampilkan hasil output arus dan tegangan melalui internet di aplikasi android. Sehingga kendali PID dapat mengoptimalkan arah solar panel terhadap cahaya matahari dan hasil arus dan tegangan ditampilkan pada perangkat android melalui internet pada platform *Internet Of Things* Thingspeak.

II. PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem pada alat ini terdiri dari dua sistem perancangan yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

A. Diagram blok sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

1. Sensor LDR mendeteksi posisi solar tracking, yang bekerja dengan cara mendeteksi sudut datang cahaya matahari.
2. Mikrokontroler menggunakan Arduino Mega 2560 untuk mengontrol sistem secara menyeluruh. Metode pemrograman dengan algoritma PID untuk menggerakkan motor.
3. Driver motor sebagai penggerak motor servo untuk menggerakkan solar panel agar tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari.
4. Sensor arus dan sensor tegangan membaca nilai arus dan tegangan dari solar panel.
5. Modul WiFi ESP8266 yang berfungsi sebagai perangkat koneksi ke WiFi untuk menampilkan nilai arus dan tegangan melalui internet di platform Thingspeak.com sebagai Internet of Things.

B. Prinsip kerja sistem

Prinsip kerja solar panel tracking ini bekerja berdasarkan sistem kendali tertutup atau close loop dengan membandingkan tegangan keluaran dari empat buah sensor LDR. Sensor LDR berfungsi untuk mendeteksi posisi solar panel, dengan cara mendeteksi arah datangnya cahaya matahari. Posisi solar panel dikatakan tepat apabila sudut datang cahaya matahari terhadap garis normal tegak lurus membentuk sudut 0°. Pada keadaan ini semua sensor LDR memiliki intensitas cahaya yang sama dan nilai tegangan output dari sensor LDR juga sama. Namun apabila cahaya matahari tidak tegak lurus terhadap sensor LDR, maka akan menimbulkan bayangan dari dinding pemisah. Bayangan tersebut akan menutupi sensor LDR yang berlawanan arah datangnya cahaya matahari sehingga menimbulkan perbedaan nilai output sensor LDR. Perbedaan nilai LDR ini digunakan oleh mikrokontroler untuk merubah posisi solar panel tegak lurus mengikuti arah datangnya cahaya matahari dengan algoritma PID yang membuat pergerakan lebih stabil. Hasil pengukuran arus dan tegangan oleh sensor arus dan tegangan diolah oleh mikroprosesor dan dikirimkan ke internet pada platform Thingspeak melalui modul wifi dan hasilnya ditampilkan pada aplikasi browsing di perangkat android.

C. Perancangan mekanik

Perancangan mekanis adalah dasar pembuatan alat solar tracking dimana berperan penting dalam tracking cahaya matahari. Tahapan

dalam perancangan ini adalah pemilihan bahan. Bahan yang akan digunakan dalam perancangan mekanis ini menggunakan besi hollow stell, karena material ini kokoh.

Bahan besi ini dipotong dan dibentuk untuk dijadikan kerangka dan dudukan komponen solar tracking agar tetap kokoh menopang solar panel agar memiliki fungsi gerak sesuai yang diinginkan serta stabil. Desain mekanis dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



The diagram shows an isometric view of a solar tracking mechanism. It consists of a blue rectangular solar panel mounted on a white frame. The frame is supported by two vertical linear actuators, which are labeled 'Linear Actuator Modifikasi'. A sensor, labeled 'Sensor LDR', is positioned above the panel. The entire assembly is mounted on a base labeled 'Support / Kerangka'. Arrows point from the labels to the corresponding parts of the mechanism.

Gambar 2. Desain mekanis solar tracking tampak iso atas

Gambar 2. Desain mekanis solar tracking tampak iso atas



Gambar 2. Desain mekanis solar tracking tampak iso atas

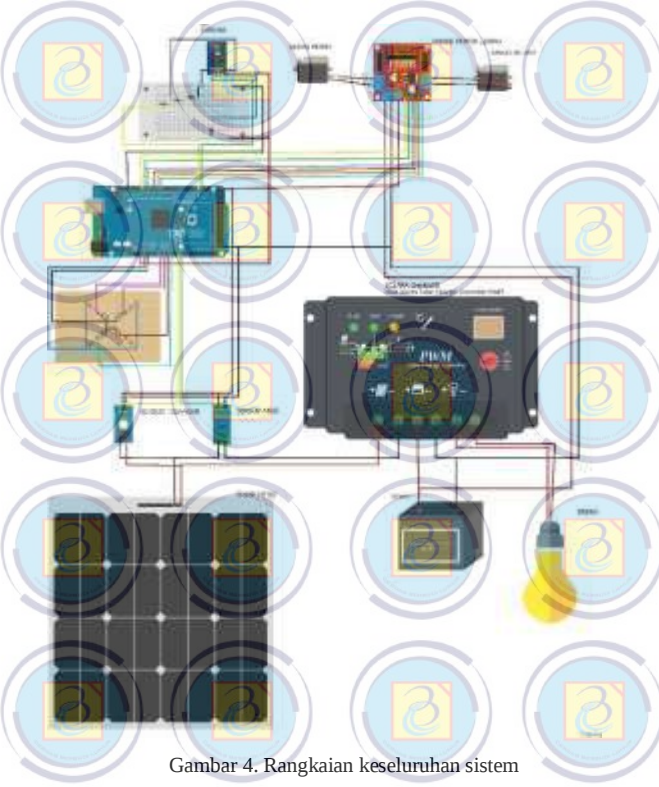


Gambar 3. Desain mekanis solar tracking tampak iso bawah

D. Perancangan elektronik

Rancangan elektronik pada sistem ini yang digunakan terdiri dari rangkaian sensor LDR, rangkaian solar panel, modifikasi motor servo, rangkaian driver motor, rangkaian sensor arus, rangkaian sensor tegangan, rangkaian modul wifi.

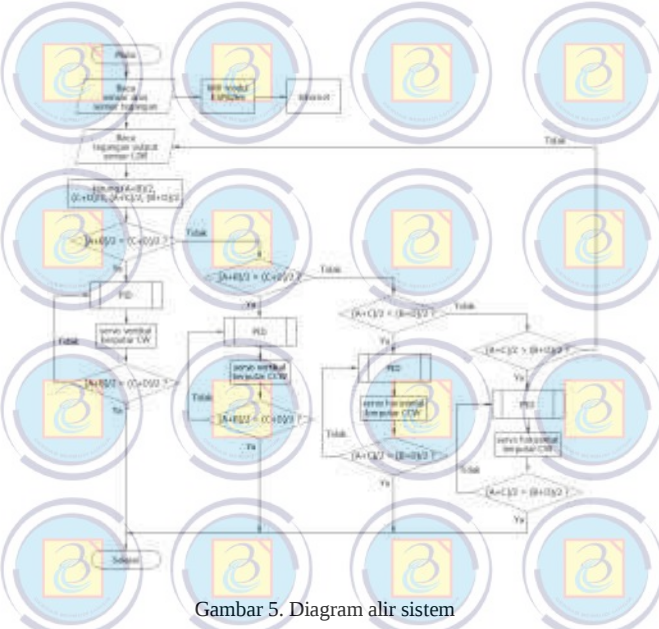
Secara keseluruhan, rangkaian blok pada sistem alat ini ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



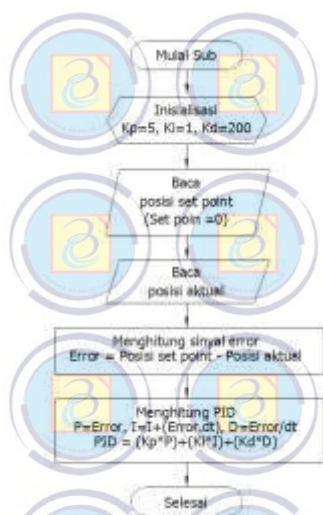
Gambar 4. Rangkaian keseluruhan sistem

E. Diagram alir sistem

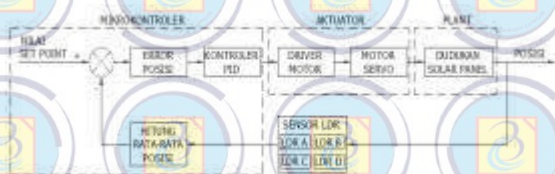
Pada Gambar 5 dapat dilihat diagram alir dari sistem tracking berbasis PID dan monitoring arus tegangan solar panel sebagai internet of Things.



Gambar 5. Diagram alir sistem



Gambar 6. Sub program PID



Gambar 7. Diagram blok sistem kontrol solar panel tracking



Gambar 8. Skema pengujian dengan penghalang

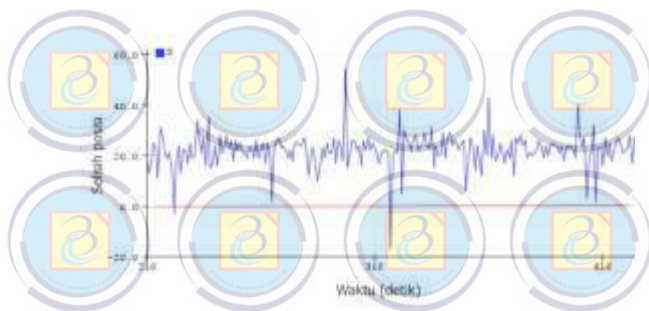
III. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Tuning PID Pada Sistem Kontrol Posisi

Pengujian *tuning* PID ini dilakukan untuk menentukan besar nilai K_p , K_i dan K_d yang tepat agar pergerakan solar *tracking* menjadi stabil. Pada pengujian ini dilakukan dengan metode *trial and error*. Kelebihan dari cara ini adalah tidak memerlukan mengidentifikasi *plant*, membuat model matematis *plant* dan menentukan parameter *plant* dengan grafik maupun analisa. Dengan cara ini cukup mengubah-ubah konstanta K_p , K_i , dan K_d pada algoritma PID sampai menemukan hasil yang diinginkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan arduino mega 2560 dan software IDE untuk menampilkan grafik pada serial *plotter*.

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan penghalang pada cahaya matahari yang menyinari sensor LDR A dan sensor LDR C, sehingga terjadi selisih rata-rata nilai output tegangan pada sensor LDR A dan C dengan sensor LDR B dan D. Pada pengujian ini dikelompokkan menjadi dua yaitu sensor LDR A dan sensor LDR B sebagai sensor LDR barat, dan sensor LDR B dan sensor LDR D sebagai sensor LDR timur. Hasil pengujian berupa grafik dari *serial plotter software* arduino IDE untuk mengamati respon sistem terhadap *set point*. Tujuan dari pengujian ini adalah agar didapatkan nilai K_p , K_i dan K_d yang sesuai, yaitu cepat dalam menuju ke *set point* 0 dan stabil pada *set point* 0. Berikut merupakan gambar grafik dari hasil pengujian *tuning* dengan metode *trial and error*.

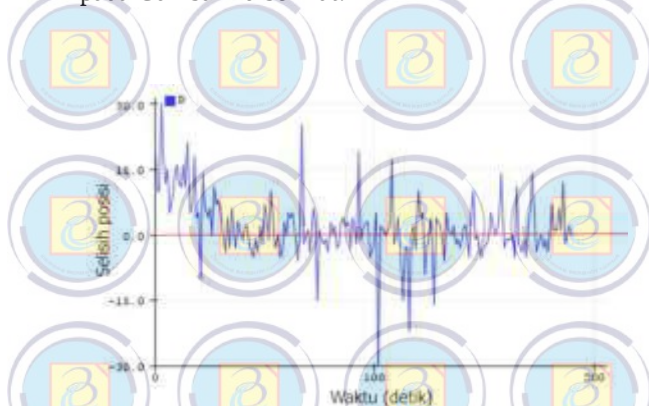
Pada pengujian pertama dilakukan dengan memberikan nilai parameter $K_p=20$, $K_i=10$, $K_d=1$ pada software arduino IDE, dan menggunakan serial *plotter* untuk mengetahui hasil grafik yang dihasilkan. Hasil grafik yang muncul dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik Hasil tuning dengan $K_p=20$, $K_i=10$ dan $K_d=1$

Pada Gambar 9 dapat diamati bahwa sistem menunjukkan masih terjadi selisih rata-rata posisi pada solar panel dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi 20 hingga waktu 416 detik. Dari grafik ini menunjukkan parameter $K_p=20$, $K_i=10$, $K_d=1$ belum optimal untuk sistem dalam mengontrol posisi solar panel pada *set poin* 0.

Pada pengujian kedua dilakukan dengan memberikan nilai parameter $K_p=20$, $K_i=5$, $K_d=10$ pada software arduino IDE, dan menggunakan serial plotter untuk mengetahui hasil grafik yang dihasilkan. Hasil grafik yang muncul dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Grafik Hasil tuning dengan $K_p=20$, $K_i=5$ dan $K_d=10$

Pada Gambar 10 dapat diamati bahwa sistem mulai menunjukkan selisih rata-rata posisi yang mulai stabil pada garis *set point* dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi 30 menurun ke 15 dan menurun ke 0, akan tetapi terjadi penyimpangan yang cukup besar dari detik awal hingga detik ke 200. Dari grafik ini menunjukkan parameter $K_p=20$, $K_i=5$, $K_d=10$ mulai menunjukkan sistem yang mengarah ke stabil dalam mengontrol posisi solar panel pada *set poin* 0.

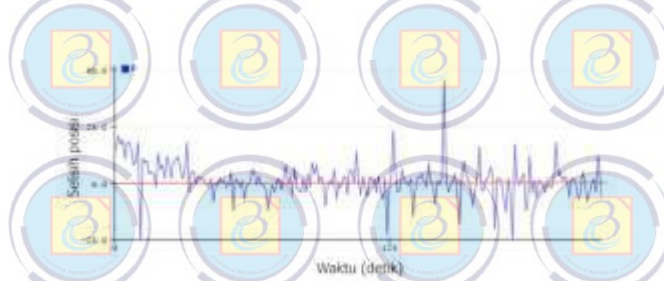
Pada pengujian ketiga dilakukan dengan memberikan nilai parameter $K_p=20$, $K_i=1$, $K_d=1$ pada software arduino IDE, dan menggunakan serial plotter untuk mengetahui hasil grafik yang dihasilkan. Hasil grafik yang muncul dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Grafik Hasil tuning dengan $K_p=20$, $K_i=1$ dan $K_d=1$

Pada Gambar 11 dapat diamati bahwa sistem menunjukkan kembali terjadi selisih rata-rata posisi pada solar panel dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi -8 hingga waktu 200 detik. Dari grafik ini menunjukkan parameter $K_p=20$, $K_i=1$, $K_d=1$ belum optimal untuk sistem dalam mengontrol posisi solar panel pada *set poin* 0.

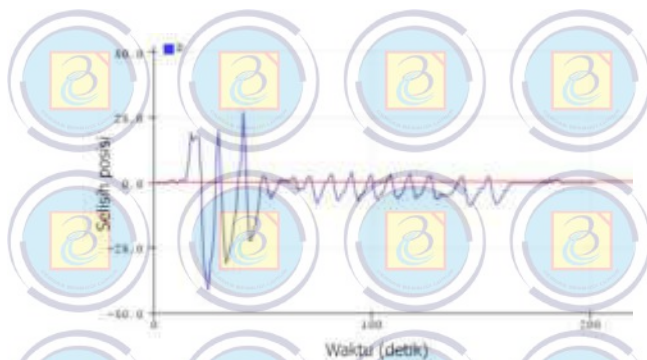
Pada pengujian keempat dilakukan dengan memberikan nilai parameter $K_p=20$, $K_i=5$, $K_d=1$ pada software arduino IDE, dan menggunakan serial plotter untuk mengetahui hasil grafik yang dihasilkan. Hasil grafik yang muncul dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Grafik Hasil tuning dengan $K_p=20$, $K_i=5$ dan $K_d=1$

Pada Gambar 12 dapat diamati bahwa sistem kembali menunjukkan selisih rata-rata posisi yang mulai stabil pada garis *set point* dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi 25 menurun ke 0, akan tetapi masih terjadi penyimpangan yang cukup besar dari detik awal hingga detik ke 200. Dari grafik ini menunjukkan parameter $K_p=20$, $K_i=5$, $K_d=1$ mulai menunjukkan sistem yang mengarah ke stabil namun masih banyak penyimpangan dalam mengontrol posisi solar panel pada *set poin* 0.

Pada pengujian kelima dilakukan dengan memberikan nilai parameter $K_p=5$, $K_i=1$, $K_d=200$ pada software arduino IDE, dan menggunakan serial plotter untuk mengetahui hasil grafik yang dihasilkan. Hasil grafik yang muncul dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.



Gambar 13. Grafik Hasil tuning dengan $K_p=5$, $K_i=1$ dan $K_d=200$

Pada Gambar 13 dapat diamati bahwa sistem menunjukkan selisih rata-rata posisi yang mulai mengecil stabil pada garis *set point* dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi 25 hingga -35 kemudian menurun ke -6 dalam kurun waktu 50 detik, meskipun masih terjadi penyimpangan dari detik awal hingga detik ke 155, sistem sudah memenuhi kriteria stabil karena sistem ini tidak memerlukan kecepatan yang sangat tinggi dalam memposisikan solar panel terhadap arah datangnya cahaya matahari. Dari grafik ini menunjukkan parameter $K_p=5$, $K_i=1$, $K_d=200$ menunjukkan sistem yang bergerak stabil dengan penyimpangan kecil sampai detik ke 155 dan stabil pada set poin 0 pada detik ke 156 hingga ke 200.

Berikut merupakan penyajian tabel hasil pengujian dari dengan *tuning* PID dengan metode *trial and error* sebagai berikut.

Tabel 1 Hasil pengujian dengan *tuning* PID

K_p	K_i	K_d	Respon
20	10	1	Masih terjadi selisih rata-rata posisi pada solar panel dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi 20 hingga waktu 416 detik
20	5	10	Menunjukkan selisih rata-rata posisi yang mulai stabil pada garis <i>set point</i> dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi 30 menurun ke 15 dan menurun ke 0, akan tetapi terjadi penyimpangan yang cukup besar dari detik awal hingga detik ke 200
20	1	1	Kembali terjadi selisih rata-rata posisi pada solar panel dengan grafik yang menunjukkan berada pada posisi -8 hingga waktu 200 detik
20	5	1	Mulai stabil pada garis <i>set point</i> dengan grafik yang

			menunjukkan berada pada posisi 25 menurun ke 0, akan tetapi masih terjadi penyimpangan yang cukup besar dari detik awal hingga detik ke 200
5	1	200	Bergerak stabil dengan penyimpangan kecil sampai detik ke 155 dan stabil pada set poin 0 pada detik ke 156 hingga ke 200.

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 dapat dilihat dengan nilai $K_p=5$, $K_i=1$ dan $K_d=200$ *tuning* yang didapatkan adalah hasil yang paling baik dan bergerak stabil dengan penyimpangan kecil sampai detik ke 155 dan stabil pada set poin 0 pada detik ke 156 hingga ke 200. Nilai parameter ini sudah memenuhi kriteria stabil untuk sistem posisi solar *tracking* ini karena sistem ini tidak memerlukan kecepatan yang sangat tinggi dalam memposisikan solar panel terhadap arah datangnya cahaya matahari. Dengan nilai parameter ini sistem dapat mengubah posisi solar panel mengikuti arah datangnya cahaya matahari secara stabil.

B. Pengujian sistem *tracking*

Pada pengujian sistem *tracking* bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam merubah posisi solar panel agar terus mengikuti arah datangnya cahaya matahari secara tegak lurus terhadap solar panel. Dalam pengujian ini dibutuhkan tongkat sepanjang 30 cm sebagai patokan sudut bayangan, dan sistem telah dirangkai secara keseluruhan yang terdiri dari mikrokontroler, rangkaian sensor cahaya, rangkaian driver motor dengan 2 motor servo, rangkaian sensor arus dan tegangan, rangkaian modul wifi dan solar charger controller serta baterai.

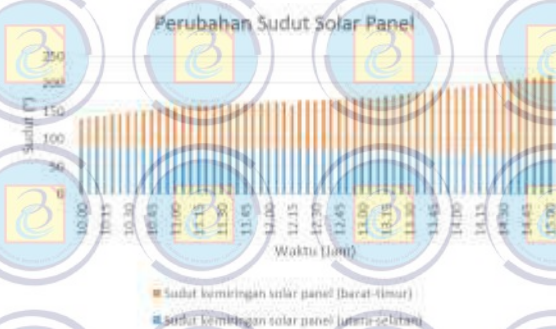
Pengujian ini dilakukan dengan menempatkan tongkat dan alat solar panel *tracking* dibawah sinar matahari dengan orientasi sebagai berikut, sisi sensor LDR A dan B berada pada arah utara, sisi sensor LDR B dan D berada pada arah selatan. Sisi sensor LDR A dan C berada pada arah barat, serta sisi sensor LDR B dan D berada pada arah timur. Dalam pengujian ini sumber cahaya adalah cahaya matahari langsung pada pukul 10.00 sampai 15.00 dengan intensitas cahaya pada saat intensitas cahaya 100619 sampai 110486 Lux. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur pergerakan perubahan sudut pada tongkat dan juga mengukur sudut kemiringan solar panel menggunakan busur derajat pada setiap 5 menit, kemudian mencatat arus dan tegangan output dari solar panel pada setiap 5 menit. Data

hasil pengujian dicatat dalam Tabel 11 sebagai berikut.

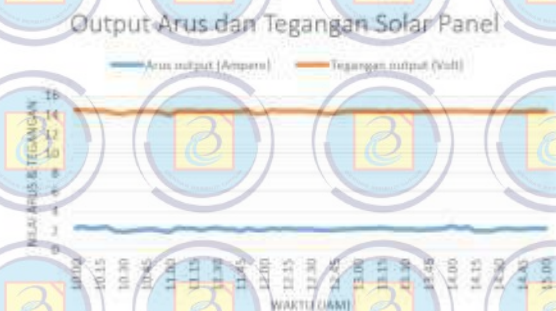
Tabel 11. Hasil pengujian sistem tracking

Waktu	Intensitas cahaya (Lux)	Sudut kemiringan solar panel (utara-selatan)	Sudut kemiringan solar panel (barat-timur)	Arus output (Ampere)	Tegangan output (Volt)
10.00	105617	85°	51°	2,33	14,45
10.05	105623	85°	53°	2,37	14,45
10.10	105639	85°	55°	2,25	14,43
10.15	105076	85°	57°	2,31	14,44
10.20	105076	85°	59°	2,37	14,44
10.25	101329	84°	61°	1,93	14,12
10.30	100619	84°	63°	1,89	14,10
10.35	103519	84°	65°	1,96	14,28
10.40	104855	84°	67°	2,02	14,31
10.45	104978	83°	69°	2,16	14,36
10.50	104868	83°	71°	2,14	14,32
10.55	102748	83°	73°	1,95	14,21
11.00	100619	83°	74°	1,91	14,01
11.05	105751	83°	75°	2,31	14,42
11.10	105776	82°	76°	2,19	14,41
11.15	105737	82°	77°	2,18	14,40
11.20	103548	82°	78°	2,03	14,29
11.25	105486	82°	79°	2,20	14,42
11.30	104485	81°	80°	2,31	14,31
11.35	104897	81°	81°	2,14	14,32
11.40	104489	81°	82°	2,14	14,30
11.45	104977	81°	83°	1,98	14,28
11.50	108048	80°	84°	2,23	14,52
11.55	103619	80°	85°	2,02	14,10
12.00	103578	80°	86°	2,04	14,15
12.05	110486	80°	87°	2,24	14,52
12.10	107548	79°	88°	2,12	14,40
12.15	107948	79°	82°	2,17	14,44
12.20	108048	79°	89°	2,15	14,42
12.25	108078	79°	90°	2,15	14,43
12.30	108081	78°	91°	2,10	14,30
12.35	108048	78°	92°	2,08	14,28
12.40	103578	78°	93°	2,01	14,10
12.45	100619	78°	94°	2,05	14,12
12.50	101518	78°	95°	2,09	14,30
12.55	108946	77°	96°	2,14	14,43
13.00	109038	77°	97°	2,20	14,42
13.05	108078	77°	96°	2,23	14,44
13.10	108377	77°	98°	2,21	14,42
13.15	106193	77°	100°	2,26	14,29
13.20	109124	77°	102°	2,22	14,40
13.25	108012	76°	104°	2,14	14,32
13.30	107912	76°	106°	2,15	14,36

13.35	108053	76°	108°	2,11	14,31
13.40	108032	76°	110°	2,08	14,28
13.45	107982	75°	112°	2,15	14,40
13.50	106914	75°	114°	2,11	14,29
13.55	108057	75°	116°	2,23	14,42
14.00	110486	75°	118°	2,50	14,44
14.05	109026	74°	120°	2,23	14,42
14.10	109023	74°	122°	2,42	14,43
14.15	108753	74°	124°	1,98	14,30
14.20	108753	74°	126°	1,95	14,29
14.25	107912	73°	128°	1,95	14,28
14.30	109026	73°	130°	2,09	14,26
14.35	109123	73°	132°	2,18	14,40
14.40	109034	73°	134°	2,10	14,29
14.45	109086	73°	136°	2,11	14,35
14.50	110246	72°	138°	2,23	14,41
14.55	110356	72°	140°	2,23	14,42
15.00	110486	72°	142°	2,23	14,42



Gambar 22. Grafik Perubahan sudut solar panel



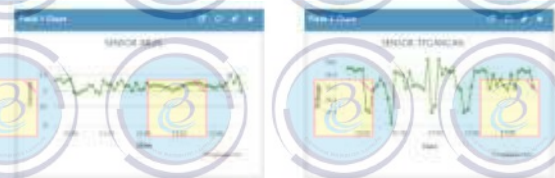
Gambar 23. Grafik output arus dan tegangan solar panel

Berdasarkan hasil data pada Tabel 11 dapat diamati telah terjadi pergerakan pada solar panel dari 51° pada pukul 10 sampai menjadi 142° pada pukul 15.00 pada axis barat-timur dan terjadi perubahan sudut dari 85° pada pukul 10.00 menjadi 72° pada pukul 15.00 pada axis utara-selatan. Hal ini membuktikan bahwa alat sistem solar tracking dapat mengikuti arah datangnya cahaya matahari secara tegak lurus. Serta menghasilkan tegangan output rata-rata sebesar 14 V dan arus output sebesar 2 A dari pukul 09.00 hingga 15.00 dengan intensitas cahaya berkisar 100619 sampai 110486Lux.

C. Pengujian sistem monitoring sebagai Internet Of Things

Pada pengujian sistem monitoring bertujuan untuk menampilkan hasil pengukuran arus dan tegangan *output* solar panel pada perangkat android melalui internet pada platform *Thingspeak.com* sebagai *Internet of oThings*. Pengujian ini membutuhkan data berupa nilai hasil baca sensor arus dan sensor tegangan, sambungan jaringan internet untuk mengirimkan nilai, platform *Thingspeak.com* sebagai penyedia layanan *Internet of Things* dan android sebagai media monitoring secara nirkabel.

Pengujian dilakukan dengan cara menyambungkan modul wifi ESP8266 ke *access point* kemudian melakukan pembacaan sensor, mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke platform *Thingspeak.com*. Setelah data arus dan tegangan tampil, kemudian menyambungkan akun platform *Thingspeak.com* pada aplikasi di android. Data arus dan tegangan tampil pada android.



Gambar 24. Tampilan data grafik arus dan tegangan pada platform ThingSpeak.com.



Gambar 25. Tampilan data grafik arus dan tegangan pada platform ThingSpeak.com pada android.

Dari Gambar 4.32 dapat dilihat tampilan monitoring output arus dan tegangan dari solar panel sebagai *Internet of Things* melalui internet menggunakan platform *Thingspeak* dan memonitoring secara *wireless* dengan android melalui aplikasi browser. Hal ini memudahkan dalam mengetahui nilai output arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar panel.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian keseluruhan sistem *tracking* berbasis PID dan monitoring arus dan tegangan solar panel sebagai *Internet of things* maka dapat diberikan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada sistem solar panel *tracking* terjadi pergerakan pada solar panel dari 51° pada pukul 10 sampai menjadi 142° pada pukul 15.00 pada axis barat-timur dan terjadi perubahan sudut dari 85° pada pukul 10.00 menjadi 72° pada pukul 15.00 pada axis utara-selatan. Hal ini membuktikan bahwa alat sistem solar tracking dapat mengikuti arah datangnya cahaya matahari secara tegak lurus.
2. Pengujian *tunning* PID pada sistem kontrol posisi untuk menentukan parameter nilai K_p , K_i dan K_d menggunakan metode *trial and error* mendapat hasil terbaik pada percobaan terakhir dengan nilai parameter $K_p = 5$, $K_i = 1$ dan $K_d = 200$. Sistem bergerak stabil dengan penyimpangan kecil sampai detik ke 155 dan stabil pada set poin 0 pada detik ke 156 hingga ke 200. Nilai parameter ini sudah memenuhi kriteria stabil untuk sistem posisi solar *tracking* ini karena sistem ini tidak memerlukan kecepatan yang sangat tinggi dalam memposisikan solar panel terhadap arah datangnya cahaya matahari. Dengan nilai parameter ini sistem dapat mengubah posisi solar panel mengikuti arah datangnya cahaya matahari secara stabil.
3. Sistem solar panel tracking menghasilkan tegangan *output* rata-rata sebesar 14 V dan arus *output* rata-rata sebesar 2 A dari pukul 09.00 hingga 15.00 dengan intensitas cahaya matahari berkisar 100619 sampai 110486 Lux.
4. Internet of Things sebagai penampil monitoring *output* arus dan tegangan dari solar panel pada perangkat android melalui

internet dengan memanfaatkan *platform Thingspeak*. Memonitoring pada perangkat android melalui aplikasi *browser* secara nirkabel memudahkan dalam mengetahui nilai *output* arus dan tegangan yang dihasilkan oleh solar panel.

5. Dengan adanya kontrol posisi solar panel terhadap arah datangnya cahaya matahari dapat mengoptimalkan arus dan tegangan *output* solar panel, serta tampilan nilai arus dan tegangan pada *platform Thingspeak* sebagai *Internet of Things* secara nirkabel pada android mempermudah dalam monitoring.

Daftar Pustaka

- [1] Mairizwan and Hendro, "Perancangan dan Pembuatan Prototype Sistem Tracker Sel Surya untuk Mengikuti Arah Gerak Matahari Berbasis Mikrokontroler Atmega328," vol. 2015, no. Snips, pp. 101–104, 2015.
- [2] Y. Wiranatha, J. Kusuma, N. Soedjarwanto, A. Trisanto, and D. Despa, "Rancang Bangun Penggerak Otomatis Panel Surya Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Mikrokontroler Atmega 16," *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. Vol.9 No.1, pp. 11–20, 2015.
- [3] J. Custer, M. Idham, and J. Lianda, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Panel Surya Dua Dimensi Berbasis Arduino," no. November, pp. 286–290, 2016.
- [4] T. Prahara, S. T. M. Kom, and Dr. Suryono, S. Si, M. Si, "SISTEM KONTROL CERDAS PELACAK SUMBER CAHAYA MENGGUNAKAN KONTROL PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE (PID)," vol. 1, no. April, 2018.
- [5] R. Syafrialdi, "RANCANG BANGUN SOLAR TRACKER BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega8535 DENGAN SENSOR LDR DAN PENAMPIL LCD," *J. Fis. Unand*, vol. 4, no. 2, pp. 113–122, 2015.
- [6] A. S. Syahab, H. C. Romadhon, M. L. Hakim, P. Instrumentasi, and T. Selatan, "Rancang Bangun Solar Tracker Otomatis Pada Pengisian Energi Panel Surya Bebasis Internet of," vol. 6, no. 2, 2019.