

## SISTEM KENDALI POSISI SEL SURYA MENGGUNAKAN PID KONTROLER

### *SOLAR CELL POSITION CONTROL SYSTEM USING PID CONTROLLER*

Evan Dwi Septiawan<sup>1</sup>, Ramdhan Nugraha<sup>2</sup>, Sony Sumaryo<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
<sup>1</sup>evancokrit@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>ramdhannugraha@telkomuniversity.ac.id,  
<sup>3</sup>sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id

#### Abstrak

Energi terbarukan sekarang ini menjadi topik yang sedang gencar-gencarnya diperbicarakan. Salah satunya adalah sel surya, sel surya termasuk dalam jenis pembangkit listrik yang bersumber dari cahaya matahari. Namun pada kenyataannya penggunaan sel surya kurang diminati dikarenakan hasilnya yang kurang optimal. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini sebuah sel surya dirancang agar dapat bergerak mengikuti arah cahaya matahari sehingga hasil yang didapat lebih optimal.

Tugas akhir ini berfokus pada perancangan kontroler PID yang digunakan untuk mengatur pergerakan sel surya. Sensor cahaya digunakan untuk mengukur jumlah cahaya yang masuk ke sel surya. Mikrokontroler digunakan sebagai alat untuk memproses nilai hasil pengukuran jumlah cahaya dan akan diproses menggunakan kontroler PID. Driver motor digunakan sebagai alat untuk mengatur arah serta kecepatan motor DC yang telah terhubung dengan sel surya.

Dari pengujian yang sudah dilakukan, keluaran sel surya dengan menggunakan kontroler PID sebagai kendali posisi dapat menghasilkan daya 20,82% lebih besar dibandingkan dengan keluaran sel surya yang bersifat statis (dengan mengabaikan kebutuhan energi pada motor DC).

**Kata kunci:** Sistem kendali, sel surya, kontroler PID

#### Abstract

*Renewable energy is now a topic that is being intensively discussed. One of them is solar cells, solar cells are included in the type of electricity generation that is sourced from sunlight. But in fact the use of solar cells is less desirable because the results are less than optimal. Therefore, in this thesis a solar cell is designed to be able to move in the direction of sunlight so that the results obtained are more optimal.*

*This final project focuses on designing a PID controller that is used to regulate the movement of solar cells. Light sensors are used to measure the amount of light entering a solar cell. Microcontroller is used as a tool to process the value of the measurement of the amount of light and will be processed using a PID controller. Motor drivers are used as a tool to adjust the direction and speed of DC motors that have been connected to solar cells.*

*From the tests that have been done, the output of solar cells using a PID controller as a position control can produce 20.8% more power than the solar cell output that is static (by ignoring the energy requirements of DC motors).*

**Keywords:** Control system, solar cell, PID controller

#### 1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi oleh hampir seluruh negara di dunia. Hal ini mengingat energi merupakan salah satu faktor utama bagi terjadinya pertumbuhan ekonomi suatu negara [1]. Kebutuhan energi selalu meningkat setiap tahun seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Usaha-usaha pun dilakukan untuk mencari energi alternatif untuk menunjang permintaan energi yang terus meningkat. Dalam menanggapi krisis energi ini pemerintah mengembangkan berbagai energi alternatif, salah satunya adalah dengan memanfaatkan energi matahari. Seperti yang kita ketahui, Indonesia terletak pada garis khatulistiwa dan akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam setiap harinya. Oleh karena itu, Indonesia mempunyai potensi yang sangat besar untuk mengembangkan energi bersumber dari matahari.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atau biasa disebut solar photovoltaic system, merupakan salah satu penggunaan energi matahari sebagai sumber energi listrik. PLTS menggunakan sel surya untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya terdiri dari bahan semi konduktor yang biasanya terbuat dari silikon. Sel surya bisa disebut juga dengan sel photovoltaic [2]. Namun pada kenyataannya, PLTS sulit berkembang

di Indonesia dikarenakan hasil keluaran dari sel surya yang kurang optimal. Salah satu penyebabnya adalah PLTS di Indonesia masih memakai sistem manual dalam pengoperasiannya [3].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sebuah sel surya dirancang agar dapat bergerak secara otomatis berdasarkan perubahan arah cahaya matahari. Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan kontroler PID sebagai sistem kendali posisi dari sel surya. Adapun sensor yang dipakai yaitu sensor cahaya yang berfungsi untuk mengukur jumlah cahaya yang terdapat di sekitar sel surya. Selain itu juga digunakan mikrokontroler sebagai alat untuk memproses data yang ada, serta sebuah aktuator yang akan menggerakkan sel surya. Sel surya akan selalu tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari secara otomatis sehingga memperoleh keluaran yang optimal.

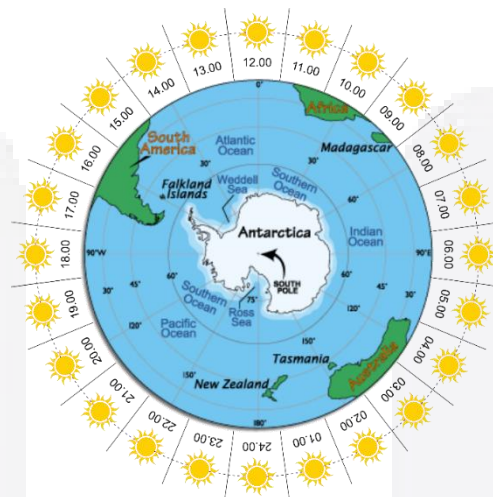
## 2. Dasar Teori

### 2.1. Gerak Semu Matahari

Gerak semu matahari adalah kedudukan peredaran matahari yang dilihat dari bumi, sehingga matahari seolah-olah bergerak dan berubah secara periodik. Berdasarkan periodenya, gerak semu matahari dibedakan menjadi gerak semu harian dan gerak semu tahunan.

#### 2.1.1. Gerak Semu Harian

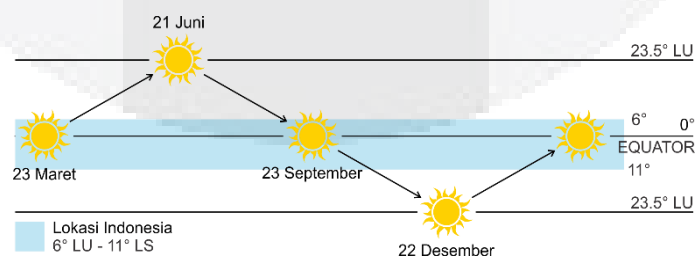
Gerak semu harian matahari adalah perubahan semu posisi matahari setiap harinya. Hal ini dapat dilihat pada saat matahari terbit dari ufuk Timur, lalu bergerak semakin lama semakin tinggi hingga sampai tengah hari mencapai kedudukan yang paling tinggi. Setelah itu semakin lama semakin rendah dan pada akhirnya terbenam di ufuk Barat. Pergerakan tersebut bukanlah pergerakan matahari yang sebenarnya, pergerakan tersebut dinamakan sebagai gerak semu harian matahari. Seperti pada Gambar 2.2 gerak semu harian matahari disebabkan oleh rotasi bumi (gerak putar bumi pada porosnya), dengan waktu rotasi selama 24 jam atau lebih tepatnya 23 jam 56 menit 4.1 detik.



Gambar 2.1 Gerak Semu Harian Matahari

#### 2.1.2. Gerak Semu Tahunan

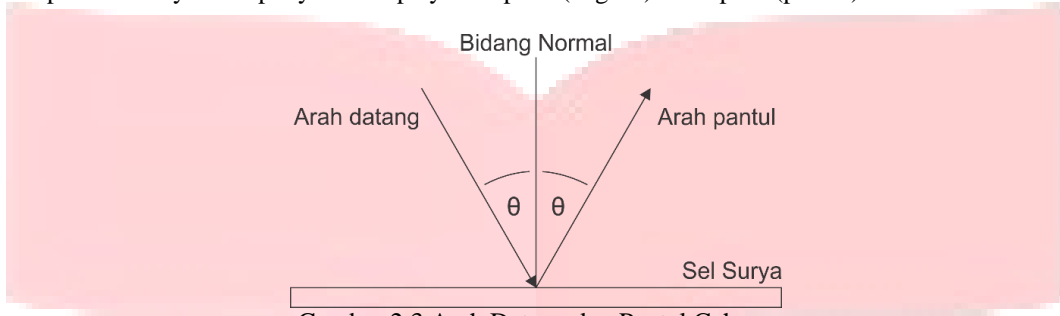
Gerak semu tahunan matahari adalah perubahan semu posisi matahari dalam satu tahunnya. Selain gerak semu harian, matahari juga melakukan gerak semu tahunan yang terjadi dalam waktu satu tahun (365 hari). Penyebab adanya gerak semu tahunan matahari disebabkan oleh revolusi bumi (pergerakan bumi mengitari matahari). Tetapi akibat sumbu rotasi bumi tidak sejajar terhadap sumbu revolusi, melainkan sedikit miring sebesar  $23,5^\circ$ . Oleh karena itu, matahari tidak selalu terlihat di atas garis khatulistiwa bumi. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3, selama setengah tahun matahari lebih banyak menerangi bumi bagian utara dan setengah tahun berikutnya matahari lebih banyak menerangi bumi bagian selatan. Dalam gerak semunya, matahari akan tampak bergerak dari garis khatulistiwa (equator) antara  $23,5^\circ$  lintang utara dan lintang selatan.



Gambar 2.2 Gerak Semu Tahunan Matahari

**2.2. Sel Surya**

Sel surya adalah alat yang berfungsi untuk mengubah energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan efek *photovoltaic*. Sel surya juga sering disebut dengan sel *photovoltaic* (PV) yang berarti cahaya listrik. sel surya terbuat dari bahan semi konduktor yang dapat menyerap foton dari cahaya matahari. Bahan tersebut dari silikon yang sangat tipis dengan dilapisi bahan khusus untuk melindungi pada bagian atasnya. Semi konduktor pada sel surya mempunyai dua tipe yaitu tipe N (negatif) dan tipe P (positif).



Gambar 2.3 Arah Datang dan Pantul Cahaya

Arah datang cahaya dan arah pantul cahaya akan membentuk sudut terhadap bidang normal. Besar cahaya yang diserap sel surya dipengaruhi oleh sudut antara arah datang dengan bidang normal. Keluaran yang dihasilkan akan lebih optimal pada saat posisi matahari berada tegak lurus dengan sel surya. Berdasarkan pada Gambar 2.3 dan persamaan 2.1 di bawah, semakin kecil sudut antara cahaya yang datang dengan bidang normal maka semakin besar cahaya yang diserap oleh sel surya.

$$I_r = I_{r_0} \cos \theta \dots\dots\dots (2.1)$$

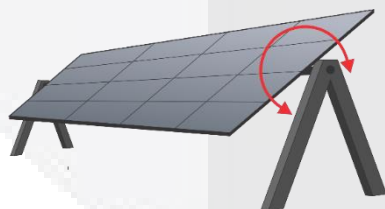
Dimana:  $I_r$  = Cahaya yang diserap sel surya  
 $I_{r_0}$  = Cahaya yang mengenai sel surya  
 $\theta$  = Sudut antara cahaya datang dengan bidang normal

**2.3. Sistem Penggerak Sel Surya**

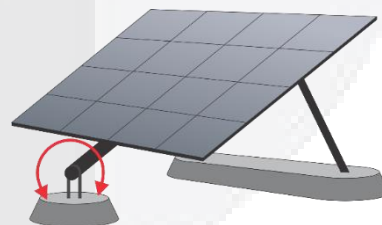
Sistem penggerak sel surya adalah sistem yang digunakan untuk menggerakkan sel surya dengan tujuan mengoptimalkan keluaran yang dihasilkan sel surya. Mekanisme dari sistem penggerak sel surya dengan cara menggerakkan posisi sel surya agar selalu tegak lurus dengan arah datang cahaya matahari. Pada sistem ini, sistem penggerak harus dapat mendeteksi jumlah cahaya matahari yang ada. Saat jumlah cahaya yang masuk menurun, maka secara otomatis sel surya akan bergerak sampai mendapatkan jumlah cahaya yang paling terang. Berdasarkan jumlah pergerakannya, sistem penggerak pada sel surya dibagi menjadi *single axis* dan *dual axis*.

**2.1.1. Single Axis**

Sistem penggerak *single axis* adalah sistem penggerak yang mempunyai satu derajat kebebasan (*Degree of Freedom*). Pergerakan dari *single axis* sistem dapat dibagi menjadi *horizontal* dan *vertical axis* yang dapat dilihat pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5. Pemilihan *horizontal* atau *vertical axis* dipengaruhi oleh letak wilayah dan arah pergerakan cahaya matahari. Untuk wilayah tropis, lebih disarankan menggunakan *horizontal axis* karena posisi dari matahari selalu terletak pada titik tertinggi di langit. Di sisi lain, wilayah yang posisi matahari terletak pada titik terendah sepanjang waktu lebih disarankan menggunakan *vertical axis*.



Gambar 2.4 Horizontal Single Axis

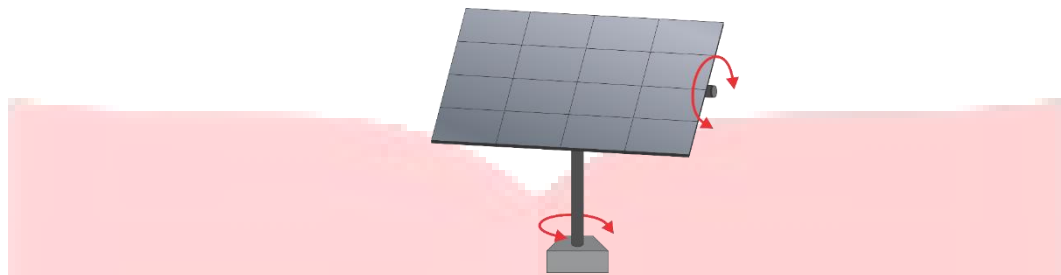


Gambar 2.5 Vertical Single Axis

**2.1.2. Dual Axis**

Sistem penggerak *dual axis* adalah sistem penggerak yang mempunyai dua derajat kebebasan (*Degree of Freedom*). Dengan dua derajat kebebasan, maka sistem ini dapat bergerak horisontal dan vertikal secara bersamaan. Jika dibandingkan dengan *single axis*, sistem ini mempunyai kinerja dan

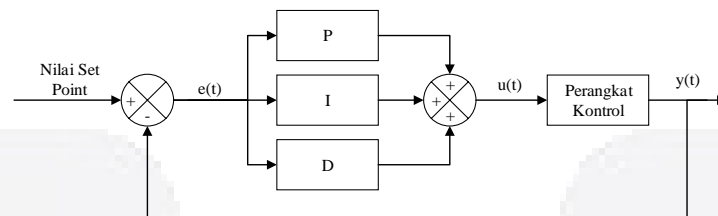
akurasi yang lebih bagus. Gambar 2.6 merupakan contoh dari sistem penggerak sel surya dengan *dual axis*.



Gambar 2.6 Dual Axis

## 2.4. Kontroler PID

Kontroler PID merupakan salah satu sistem kendali yang menggunakan mekanisme umpan balik. Karena menggunakan sistem umpan balik, maka kontroler PID termasuk dalam sistem kendali loop tertutup. Dengan karakteristik yang sederhana, mudah dipelajari dan mudah dalam menentukan nilai parameter-parameternya sistem kendali ini banyak diimplementasikan dalam dunia industri. Seperti pada Gambar 2.7 kontrol PID tersusun dari tiga pengendali yaitu proporsional (P), integral (I) dan derivatif (D). Berdasarkan dari persamaan P, I, dan D maka dapat diperoleh keluaran PID yang dapat dilihat pada persamaan (2.2) berikut.



Gambar 2.7 Diagram Blok Kontroler PID

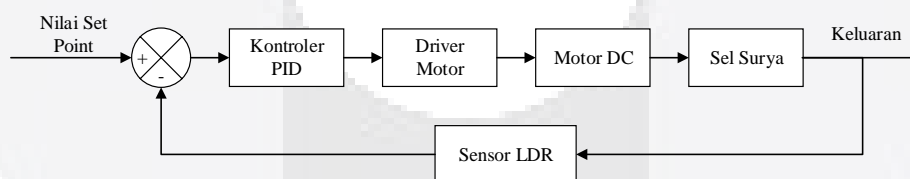
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.2)$$

Dimana:

- $u(t)$  = Keluaran sistem kendali
- $e(t)$  = Sinyal *error*
- $K_p$  = Konstanta penguat proporsional
- $K_i$  = Konstanta penguat integral
- $K_d$  = Konstanta penguat derivatif

## 3. Perancangan Sistem

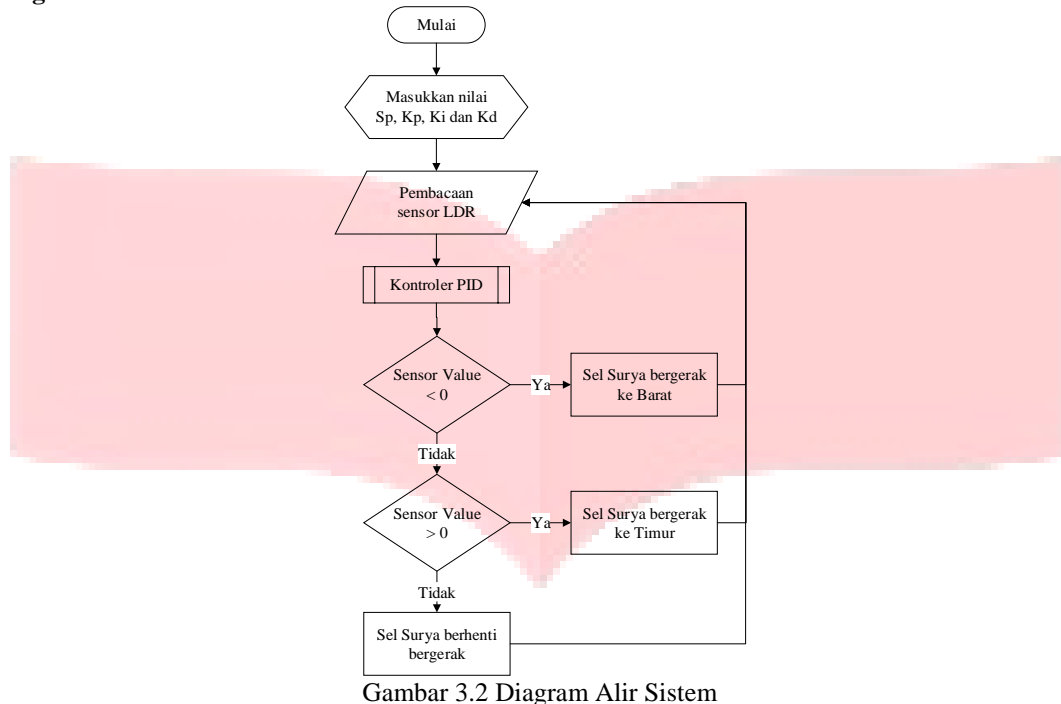
### 3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

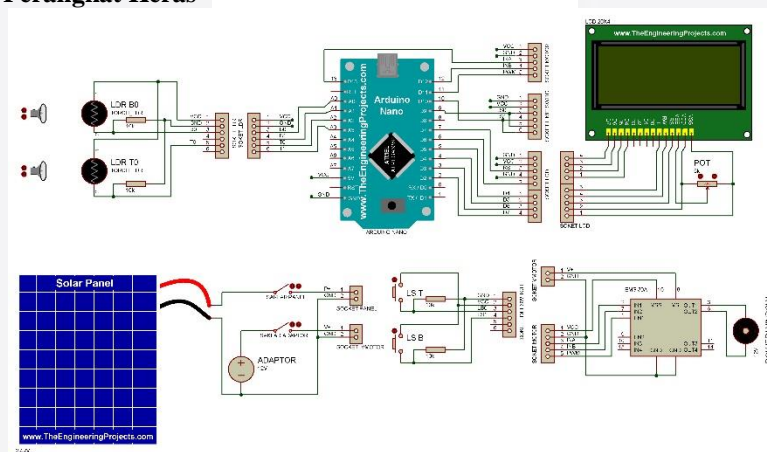
Berdasarkan Gambar 3.1 diatas, sistem yang akan dirancang pada tugas akhir ini memiliki masukan berupa data hasil pembacaan sensor cahaya. Kemudian data yang diperoleh akan diproses oleh kontroler PID untuk mengetahui aksi yang akan diberikan. Mula-mula data akan dibandingkan dengan nilai set point yang telah ditentukan. Hasil selisih dari nilai tersebut akan dikalikan dengan konstanta pada kontroler PID. Selanjutnya hasil keluaran PID akan mengatur kecepatan dan arah pergerakan motor DC untuk menggerakkan sel surya.

### 3.2 Diagram Alir Sistem



Gambar 3.2 menunjukkan diagram alir sistem kendali posisi sel surya. Mula-mula masukkan nilai  $S_p$ ,  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang akan digunakan dalam perhitungan kontroler PID. Selanjutnya pembacaan nilai sensor LDR untuk mengetahui jumlah cahaya yang ada. Nilai tersebut akan diproses dalam perhitungan kontroler PID bersamaan dengan nilai  $S_p$ ,  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang telah ditentukan. Hasil perhitungan dalam kontroler PID akan dijumlahkan dan menjadi nilai PWM. Jika nilai sensor kurang dari nol maka sel surya akan bergerak menghadap ke barat dan jika nilai sensor lebih dari nol maka sel surya akan bergerak ke timur. Sedangkan saat nilai sensor sama dengan nol, maka sel surya akan berhenti dan mempertahankan posisinya.

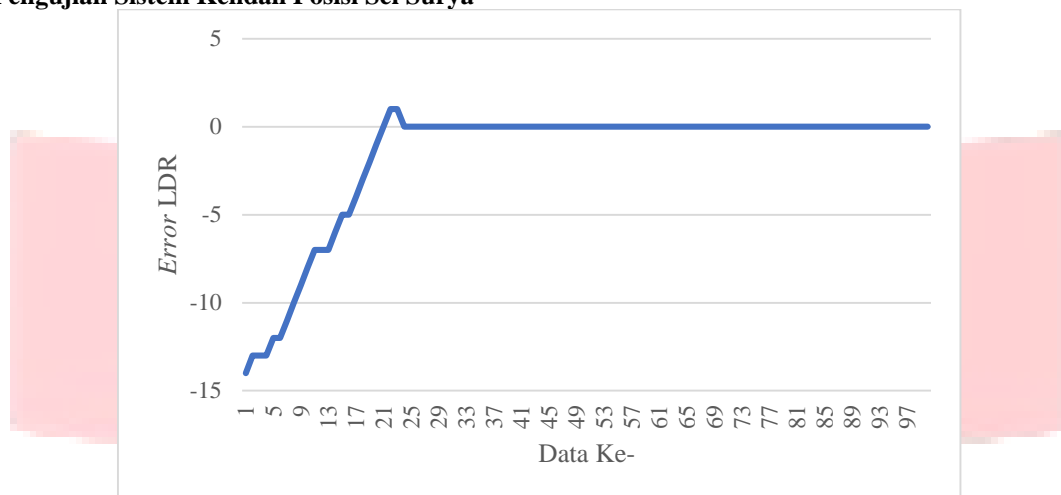
### 3.3 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 3.3 menunjukkan perancangan hardware yang digunakan dalam penelitian ini. Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi jumlah cahaya yang ada disekitar panel. Adaptor berfungsi sebagai sumber tegangan untuk menyuplai mikrokontroler dan driver motor. Rangkaian limit switch digunakan untuk membatasi pergerakan dari sel surya. LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan arah pergerakan dan data dari sensor LDR. Arduino Nano digunakan sebagai alat pemrosesan kontroler PID berdasarkan masukan dari sensor LDR dan data hasil pemrosesan diteruskan ke driver motor. Driver motor EMS 30A digunakan untuk mengatur arah pergerakan dan kecepatan dari power window sesuai data yang diterima dari Arduino. Power window digunakan untuk menggerakkan sel surya agar dapat bergerak mengarah sumber cahaya dan meningkatkan kinerja sel surya menjadi optimal.

#### 4. Hasil Percobaan dan Analisa

##### 4.1 Pengujian Sistem Kendali Posisi Sel Surya



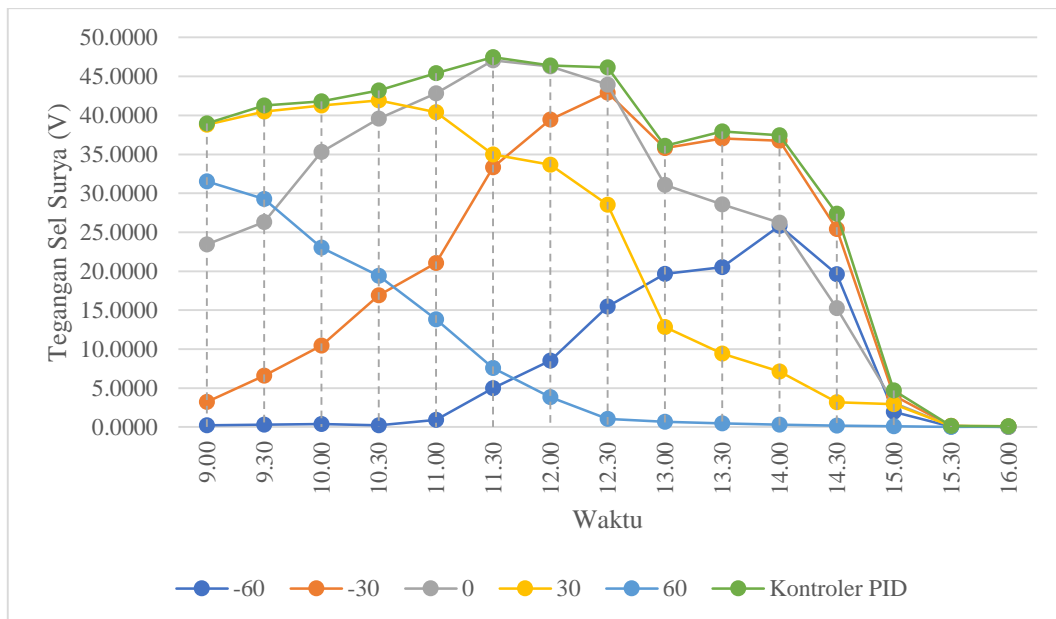
Gambar 4.1 Respon Sistem

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dengan nilai KP 10 dan KD 5, maka respon sistem memiliki *rise time* yang cepat dan output tidak terlalu berosilasi serta *overshoot* rendah.

##### 4.2 Pengujian Sel Surya Statis dan Sistem Kendali Posisi Sel Surya

Tabel 4.1 Hasil Keluaran Sel Surya Statis dan Menggunakan Kontroler PID

No.	Waktu	Sudut Sel Surya					Kontrol PID (Watt)
		Barat (Watt)		Garis Normal (Watt)	Timur (Watt)		
		-60°	-30°	0°	30°	60°	
1.	9.00	0,2159	3,2370	23,4373	38,7925	31,5136	38,9648
2.	9.30	0,3276	6,5992	26,3250	40,4781	29,2530	41,2624
3.	10.00	0,3900	10,4676	35,3113	41,2596	23,0472	41,7852
4.	10.30	0,2338	16,8912	39,6000	41,9331	19,4271	43,1935
5.	11.00	0,9252	21,0686	42,8139	40,4128	13,8242	45,4163
6.	11.30	4,9896	33,3450	47,0745	34,9851	7,5852	47,4560
7.	12.00	8,5280	39,4690	46,2696	33,6687	3,8270	46,3866
8.	12.30	15,4521	42,9240	43,9200	28,5360	1,0530	46,1448
9.	13.00	19,6595	35,7957	31,0784	12,8478	0,6603	36,0804
10.	13.30	20,5020	37,0349	28,5944	9,4430	0,4900	37,9457
11.	14.00	25,8216	36,7647	26,2495	7,1269	0,2975	37,4390
12.	14.30	19,6236	25,4057	15,2516	3,1734	0,1649	27,3702
13.	15.00	1,9376	4,0612	3,0912	2,9233	0,0913	4,6893
14.	15.30	0,0432	0,1414	0,1417	0,1456	0,0300	0,1564
15.	16.00	0,0068	0,0104	0,0162	0,0860	0,0432	0,0890
Rata-rata		7,910	20,881	27,278	22,387	8,754	32,959



Gambar 4.2 Grafik Hasil Keluaran Sel Surya Statis dan Menggunakan Kontroler PID

Dari tabel 4.1 dan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa sel surya dengan sudut tetap akan menghasilkan keluaran yang optimal pada waktu tertentu saja. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sel surya statis dapat menghasilkan daya sebesar 27,278 W. Sedangkan sel surya dengan menggunakan kontroler PID dapat menghasilkan daya sebesar 32,959 W. Saat sistem mempertahankan posisi sel surya agar tegak lurus dengan arah datang matahari, daya yang dikonsumsi oleh sistem sebesar 5,5 W.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang sudah dilaksanakan, sel surya statis dapat menghasilkan daya rata-rata sebesar 27,278 W jika sel surya diposisikan lurus menghadap ke atas ( $0^\circ$  terhadap bidang normal). Sedangkan dengan menggunakan kontroler PID, sel surya dapat menghasilkan daya yang lebih optimal dengan rata-rata 32,959 W. Dengan membandingkan hasil keluaran sel surya statis dan sel surya dengan menggunakan kontroler PID maka dapat disimpulkan bahwa sel surya mengalami peningkatan sebesar 20,82%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan kontroler PID pada sel surya, maka sel surya dapat bekerja lebih optimal setiap waktunya jika dibandingkan dengan sel surya statis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brian Yulianto Phd, "Solar Cell Sumber Energi Terbarukan Masa Depan", 2011.
- [2] E. Home, "Definisi dari solar sel", 2017.
- [3] Arcandra Tahar, "Arcandra Ungkap Enam Sebab PLTS Sulit Berkembang di Indonesia", 2018.
- [4] Azwaan Zakariah, Mahdi Famarazi, Jasrul Jaman Jamian, dan Mohd Amri Md Yunus, "MEDIUM SIZE DUAL-AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM WITH SUNLIGHT INTENSITY COMPARISON METHOD AND FUZZY LOGIC IMPLEMENTATION", Malaysia, UTM Press : 2015.
- [5] M. Nuzuluddin, Danang Arengga, dan Anik Nur Handayani, "SIMULASI PENJADWALAN POSISI PANEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN PENGENDALI PID (PROPORTIONAL, INTEGRAL, DAN DERIVATIVE)", Malang, Jurnal Nasional Teknik Elektro (JNTE) : 2017.
- [6] Porman Pangaribuan, Erwin Susanto, dan Rinaldi Aditya Pratama, "Perancangan Sistem Panel Surya Terkendali Dalam Dua Sumbu Untuk Peningkatan Efisiensi Pembangkitan Energi Listrik", Bandung, Jurnal Rekayasa Elektrika : 2019.
- [7] Reshmi Banerjee, "Solar Tracking System", India, International Journal of Scientific and Research Publication (IJSRP) : 2015.