

Pemanfaatan Metode *Single Axis Tracker* dan *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) PID untuk Mengoptimalkan Daya Keluaran Panel Surya

Afni Nur Hidayanti¹, Peni Handayani^{2 *}, Indra Chandra J. R.³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : afninurhidayanti@gmail.com

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : penihandayani@ymail.com

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : indracjr@gmail.com

ABSTRAK

Arah dan intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah dapat menyebabkan daya keluaran dari panel surya menjadi fluktuatif. Kondisi ini menyebabkan konversi energi matahari menjadi tidak optimal. Tujuan penelitian ini ialah merancang bangun suatu sistem yang dapat mengoptimalkan daya keluaran panel surya. Metode yang digunakan adalah gabungan antara pengendalian dinamik dan statik. Metode dinamik dengan *single axis tracker* merupakan sistem *tracking* (penjejak) satu sumbu yang memungkinkan panel surya dapat bergerak mengikuti arah cahaya matahari. Sedangkan secara statik digunakan metode *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dengan kendali PID untuk menjaga titik kerja panel surya tetap pada MPP. Metode ini dipilih agar panel surya bekerja pada efisiensi maksimum dan menghasilkan daya keluaran yang optimal. Hasil pengujian metode *single axis tracker* menunjukkan adanya kenaikan daya keluaran yang signifikan antara pukul 08.00-10.00, dan kenaikan terbesar 20,983 Watt dicapai pada pukul 08.15. Metode yang dikombinasikan dengan MPPT PID ini dapat menghasilkan nilai rata-rata efisiensi sebesar 88,77%.

Kata Kunci

Panel surya, single axis tracker, MPPT, PID

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, energi yang digunakan masih terfokus pada energi fosil, diantaranya minyak bumi, gas, dan batubara. Padahal potensi energi nonfosil, salah satunya energi matahari di

Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. [1] Energi matahari tersedia dalam jumlah yang tidak terbatas dan bisa didapatkan secara gratis. Selain itu, pemanfaatan energi matahari menggunakan panel surya memiliki

keunggulan yaitu ramah lingkungan, serta penerapan dan perawatannya relatif lebih mudah dan murah.

Pemanfaatan energi matahari menggunakan panel surya dapat mengantisipasi ketersediaan energi listrik yang semakin menipis. Namun, untuk menghasilkan daya yang optimal dari panel surya, perlu memperhatikan beberapa hal, diantaranya sudut datang cahaya terhadap sel surya, intensitas cahaya yang diterima oleh sel surya, serta temperatur sel surya.

Gerak semu harian matahari mengakibatkan arah cahaya matahari berubah-ubah. Hal ini menjadi suatu permasalahan dalam pemanfaatan energi matahari. Panel surya yang dipasang permanen dengan sudut elevasi yang tetap tidak dapat menyerap cahaya matahari secara optimal karena sudut datang cahaya matahari tidak tegak lurus terhadap permukaan bidang panel surya.

Selain itu, intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah menjadi permasalahan lain dalam pemanfaatan energi matahari menggunakan panel surya. Hal ini menyebabkan daya keluaran dari panel surya menjadi fluktuatif. Daya keluaran panel surya yang fluktuatif tersebut mengakibatkan baterai sebagai tempat menyimpan energi menjadi cepat rusak karena baterai mendapatkan input yang tidak stabil.

Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengembangkan metode *sun-tracking single axis tracker* berupa pergerakan secara mekanik yang memungkinkan panel surya dapat mengikuti arah cahaya matahari sehingga sudut datang cahaya matahari tetap tegak lurus terhadap permukaan bidang panel surya. Sistem ini digabungkan dengan metode MPPT kendali PID menggunakan DC-DC *buck converter* pada pengisian daya ke baterai. Metode ini dipilih agar dapat menghasilkan daya keluaran yang stabil dan optimal.

Sebagai bahan analisis jika terjadi kerusakan, dilakukan pemantauan terhadap panel surya dengan menggunakan *Human Machine Interface* (HMI) yang dapat memberikan informasi berupa nilai tegangan, arus, daya, temperatur, serta posisi panel surya.

2. DASAR TEORI

2.1 *Single Axis Tracker*

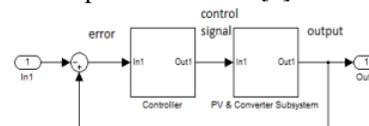
Single axis tracker merupakan metode penjejak arah cahaya matahari dengan satu poros yang dapat menggerakkan posisi panel surya untuk menghasilkan daya listrik yang lebih maksimal. Sistem penjejakan matahari terbagi menjadi dua metode, yaitu metode penjejak pasif dan metode penjejak aktif. Metode penjejak pasif adalah metode yang proses penjejakannya tidak melakukan pengukuran langsung terhadap besaran fisis dari objek atau teknik, penjejakan didasarkan atas perhitungan astronomi. Sedangkan metode penjejak aktif adalah metode yang proses penjejakannya melakukan pengukuran langsung terhadap objek. [2]

2.2 *Maximum Power Point Tracker (MPPT)*

Maximum Power Point Tracker (MPPT) merupakan suatu metode untuk menjejak titik daya dari suatu sumber energi yang menghasilkan daya maksimum. Pada karakteristik kurva V-I panel surya, terdapat suatu titik dengan koordinat V_{mpp} dan I_{mpp} yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP). Titik tersebut merupakan titik dimana panel surya bekerja pada efisiensi maksimum dan menghasilkan daya keluaran yang optimal. [3]

2.3 PID

Pengendali PID merupakan pengendali *feed-forward* yang berfungsi mengolah sinyal *error* menjadi sinyal kendali yang berupa gabungan pengendali proporsional, integral, dan derivatif. Blok diagram pengendali PID pada panel surya dapat dilihat pada Gambar 1. [4]

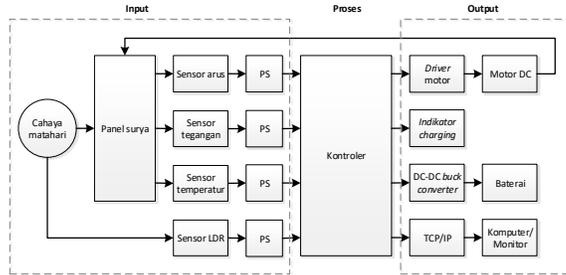


Gambar 1 Blok diagram pengendali PID pada panel surya

3. METODOLOGI

2.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem secara keseluruhan dapat dilihat dalam diagram blok yang terdapat pada Gambar 2.



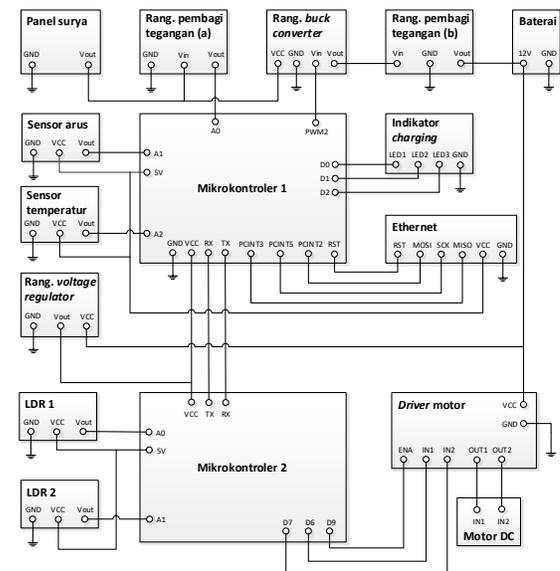
Gambar 2 Diagram blok sistem

Sistem pengendalian pada panel surya yang dipilih dalam penelitian ini terdiri dari teknik pengendalian secara dinamik dan secara statik. Teknik kendali dinamik merupakan teknik yang dilakukan untuk menghasilkan daya keluaran yang optimal dengan pergerakan posisi panel surya. Teknik kendali dinamik menggunakan metode *single axis tracker* dengan input berupa nilai intensitas cahaya yang dibaca oleh sensor LDR dengan aktuator linear motor DC. Sedangkan teknik kendali statik adalah teknik yang digunakan untuk menghasilkan daya keluaran panel surya yang stabil dan optimal pada saat pengisian daya ke baterai. Teknik kendali statik ini dirancang dengan metode MPPT kendali PID. MPPT merupakan metode yang berfungsi agar panel surya menghasilkan daya maksimum karena MPPT akan menjejak nilai V_{mpp} . Metode MPPT pada sistem ini menggunakan algoritma *incremental conductance*. Kendali PID digunakan untuk menentukan nilai *duty cycle* pada PWM dengan input berupa nilai V_{mpp} hasil algoritma MPPT yang dibuat. PWM berfungsi untuk mengatur *switching* transistor pada DC-DC *buck converter*.

3.1.1 Perancangan Elektronik

Perancangan elektronik terdiri beberapa blok modul dan rangkaian diantaranya rangkaian *single axis tracker*, rangkaian DC-DC *buck converter*, rangkaian *voltage regulator*, dan rangkaian *voltage divider*.

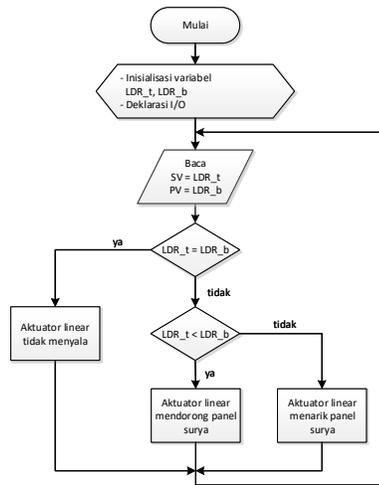
Perancangan elektronik secara keseluruhan digambarkan dengan sistem pengkabelan *point to point* yang ditunjukkan oleh Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Diagram pengkabelan

3.1.2 Perancangan Sistem Kendali *Single Axis Tracker*

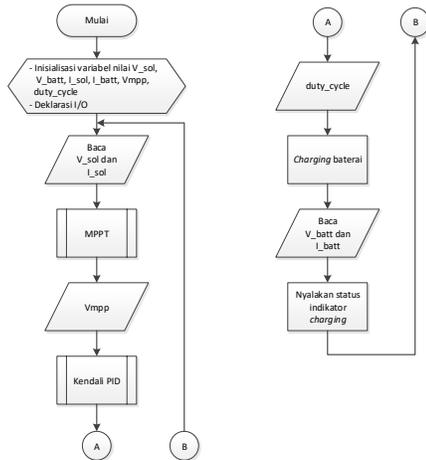
Teknik pengendalian panel surya secara dinamik yang dilakukan dengan *tracking* matahari dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram alir *single axis tracker*

MPPT PID

MPPT PID merupakan metode yang digunakan sebagai teknik kendali statik yang digunakan pada sistem ini. Metode MPPT digunakan agar titik kerja panel surya tetap berada pada V_{mpp} dan kendali PID digunakan untuk menentukan nilai *duty cycle* pada PWM. Diagram alir teknik kendali statik yang dirancang ditunjukkan oleh Gambar 5.

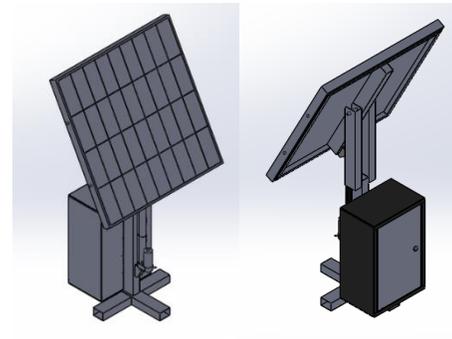


Gambar 5 Diagram alir MPPT PID

3.1.3 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik pada sistem ini yaitu rangka penyangga panel surya disertai dengan box sebagai tempat penyimpanan rangkaian elektronik, serta dilengkapi dengan aktuator

linear sebagai penggerak panel surya bergerak ke arah timur dan barat. Gambar 6 menunjukkan desain mekanik yang dirancang.



Gambar 6 Desain mekanik

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Perancangan Mekanik

Realisasi dari perancangan mekanik terdiri dari rangka penyangga panel surya, box panel sebagai tempat penyimpanan rangkaian elektronik, serta aktuator linear sebagai penggerak panel surya yang dapat bergerak ke arah timur menuju barat. Realisasi rangka penyangga dan aktuator linear dapat dilihat pada Gambar 7.



(a) (b) (c)

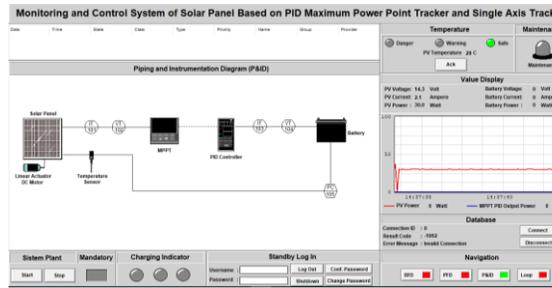
Gambar 7 Realisasi perancangan mekanik

4.2 Realisasi HMI

HMI digunakan untuk memantau kondisi dari panel surya. Tampilan HMI yang dibuat dapat menampilkan informasi berupa tegangan, arus,

daya, serta temperatur dari panel surya. Fungsi dari HMI adalah untuk mempermudah operator memantau kondisi panel surya. Dalam HMI terdapat menu *login* agar keamanan terjaga sehingga hanya orang tertentu yang bisa mengakses HMI.

Tampilan HMI ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Tampilan HMI

4.3 Hasil Pengujian *Single Axis Tracker*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui daya keluaran panel surya pada posisi tetap dan daya keluaran setelah menggunakan metode *single axis tracker*. Pada posisi tetap, panel surya menghadap ke atas, sedangkan setelah menggunakan sistem *single axis tracker*, panel surya dapat bergerak dari timur menuju barat mengikuti pergerakan cahaya matahari.

Pengujian dilakukan pada kondisi cerah dengan nilai iradiasi 600-900Watt/m². Pengujian dilakukan terhadap perubahan dari pukul 08.00 sampai dengan pukul 15.00 WIB. Data hasil pengujian disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Data pengujian panel surya posisi tetap

Pukul	Posisi tetap		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
08.00	14,15	1,5	21,225
08.15	14,2	1,6	22,72
08.30	14,39	2	28,78
08.45	14,41	2,1	30,261
09.00	14,53	2,4	34,872

09.15	14,76	2	29,52
09.30	14,89	2,1	31,269
09.45	15,26	2,2	33,572
10.00	15,76	2,3	36,248
10.15	16,26	2,2	35,772
10.30	16,85	2,2	37,07
10.45	17,27	2,3	39,721
11.00	17,45	2,2	38,39
11.15	17,72	2,2	38,984
11.30	17,8	2,2	39,16
11.45	17,83	2,2	39,226
12.00	17,77	2,3	40,871
12.15	17,55	2,3	40,365
12.30	17,49	2,2	38,478
12.45	16,96	2,2	37,312
13.00	16,88	2,2	37,136
13.15	16,68	2,1	35,028
13.30	16,61	2,1	34,881
13.45	16,3	2,1	34,23
14.00	16,57	2	33,14
14.15	16,45	2	32,9
14.30	16,61	1,9	31,559
14.45	16,47	1,9	31,293
15.00	16,3	1,9	30,97

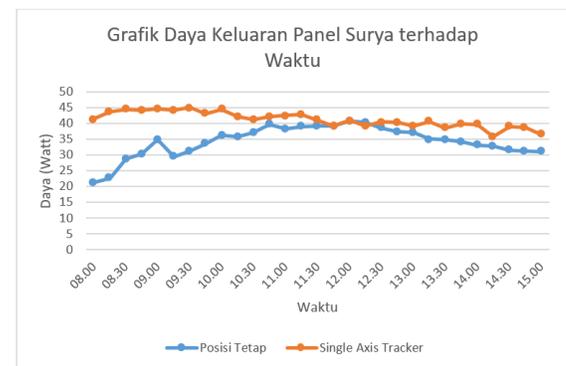
Tabel 2 Data pengujian panel surya *single axis tracker*

Pukul	<i>Single Axis Tracker</i>		
-------	----------------------------	--	--

	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
	14,77	2,8	41,356
08.00	14,77	2,8	41,356
08.15	15,07	2,9	43,703
08.30	14,79	3	44,37
08.45	14,75	3	44,25
09.00	14,87	3	44,61
09.15	15,25	2,9	44,225
09.30	15,54	2,9	45,066
09.45	15,96	2,7	43,092
10.00	16,44	2,7	44,388
10.15	16,83	2,5	42,075
10.30	17,21	2,4	41,304
10.45	17,56	2,4	42,144
11.00	17,73	2,4	42,552
11.15	17,83	2,4	42,792
11.30	17,87	2,3	41,101
11.45	17,85	2,2	39,27
12.00	17,8	2,3	40,94
12.15	17,78	2,2	39,116
12.30	17,62	2,3	40,526
12.45	17,58	2,3	40,434
13.00	17,78	2,2	39,116
13.15	17,66	2,3	40,618
13.30	17,48	2,2	38,456
13.45	17,33	2,3	39,859
14.00	17,26	2,3	39,698
14.15	17,04	2,1	35,784

14.30	16,96	2,3	39,008
14.45	16,88	2,3	38,824
15.00	16,55	2,2	36,41

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dibuat grafik perbandingan daya keluaran panel surya yang dihasilkan pada posisi tetap dan menggunakan metode *single axis tracker* yang ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 1 Grafik perbandingan daya keluaran panel surya posisi tetap dan *single axis tracker*

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 sistem *single axis tracker* dapat mengoptimalkan daya keluaran panel surya pada pagi dan sore hari. Terjadi kenaikan daya keluaran panel surya yang signifikan antara pukul 08.00-10.00, dan kenaikan terbesar 20,983 Watt dicapai pada pukul 08.15 WIB.

4.4 Hasil Pengujian MPPT PID

Pengujian MPPT PID dilakukan untuk mengetahui pengaruh algoritma MPPT PID terhadap efisiensi dari ekstraksi daya panel surya. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan panel surya dengan DC-DC *buck converter* yang diprogram menggunakan MPPT PID, lalu menghubungkan output DC-DC *buck converter* ke baterai. Pengujian dilakukan pada kondisi cerah berawan dengan nilai iradiasi 600-700 Watt/m². Data hasil pengujian MPPT PID disajikan dalam Tabel 3.

Input			Output			Efisiensi (%)
V (V)	I (A)	P (W)	V (V)	I (A)	P (W)	
15,15	1,71	25,9	13,35	1,71	22,83	88,12
15,2	1,74	26,45	13,4	1,74	23,32	88,16
15,23	1,74	26,5	13,48	1,76	23,75	89,53
15,25	1,76	26,84	13,58	1,79	24,31	90,57
15,43	1,84	28,39	14,01	1,81	25,36	89,32
15,28	1,76	26,89	13,63	1,79	24,4	90,72
15,3	1,79	27,39	13,68	1,79	24,49	89,41
15,15	1,82	27,57	13,45	1,79	24,08	87,36
15,2	1,84	27,97	13,6	1,81	24,62	88,01
15,81	1,89	29,88	13,68	1,89	25,86	86,53
Efisiensi Rata-rata (%)						88,77

Berdasarkan Tabel 3 efisiensi rata-rata yang dihasilkan panel surya menggunakan metode MPPT PID adalah 88,77%.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian panel surya menggunakan metode *single axis tracker* dapat meningkatkan daya keluaran yang

signifikan pada pukul 08.00 – 10.00. Peningkatan daya keluaran yang dihasilkan metode *single axis tracker* mencapai 20,983 Watt.

2. Hasil pengujian metode MPPT PID menghasilkan efisiensi daya keluaran panel surya sebesar 88,77%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Riset dan Teknologi, Menggapai "Indonesia Bisa", Teknologi Energi Listrik Hibrid di Bantul, DIY, Jakarta, 2010.
- [2] I. M. Putra and I. H. Rosma, "Perancangan dan Analisis Sitem Single Axis Sun Tracker untuk Meningkatkan Daya Output Solar Photovoltaic," *Jom FTEKNIK Volume 5*, pp. 1-5, 2018.
- [3] Harmini and T. Nurhayati, "Optimasi MPPT (Maximum Power Point Tracker) pada Sistem Sel Surya," *Proceeding-of-citacee2013*, pp. 292-296, 2013.
- [4] C. Sharma and A. Jain, "Performance Comparison of PID and Fuzzy Controllers Distributed MPPT," *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, pp. 625-635, 2015.