

Perancangan Konverter *Boost* Kuadratik Pada Solar Panel Menggunakan Kontrol PID

^{1*} Anugrah Prasetyo Sutrisno, ² RB. Moch. Gozali, ³ Widjonarko

^{1*,2,3} Teknik Elektro, Universitas Jember, Jember

¹anugrahtyo21@gmail.com, ²gozali.teknik@unej.ac.id, ³widjonarko.teknik@unej.ac.id

Abstract - Using solar energy as a source of electricity has great potential. A boost converter is needed to overcome the low energy conversion efficiency of solar panels. Many boost converters have been used to achieve high efficiency, one of which is the quadratic boost converter. This study aims to increase the efficiency of solar panel output at low inputs. An overall study of the system with a lamp load of 2 volts from 09.00 WIB to 15.00 WIB showed that the highest efficiency was achieved at 10.15 am at 99% with an average efficiency of 80%. At the same time, the output voltage is 24.64 volts. From the voltage and current obtained simultaneously, the input power is 2.99 watts and the output power is 2.97 watts. From the tests I did, it appears that the quadratic boost converter can provide a fairly high output voltage. Low-duty cycles have been shown to produce higher output voltages than traditional boost converters.

Keywords — Solar Panel, Quadratic Boost Converter, INA219.

Abstrak—Menggunakan energi matahari sebagai sumber listrik memiliki potensi besar. Konverter boost diperlukan untuk mengatasi rendahnya efisiensi konversi energi panel surya. Banyak konverter boost telah digunakan untuk mencapai efisiensi yang tinggi, salah satunya adalah konverter boost kuadratik. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi output panel surya pada input rendah. Kajian keseluruhan sistem dengan beban lampu 2 volt dari pukul 09.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi dicapai pada pukul 10.15 pada 99% dengan efisiensi rata-rata 80%. Pada saat yang sama, tegangan keluarannya adalah 24,64 volt. Dari tegangan dan arus yang diperoleh secara bersamaan, daya input sebesar 2,99 Watt dan daya output sebesar 2,97 Watt. Dari pengujian yang saya lakukan, terlihat bahwa konverter boost kuadratik dapat memberikan tegangan keluaran yang cukup tinggi. Duty cycle rendah telah terbukti menghasilkan tegangan output yang lebih tinggi daripada konverter *boost* konvensional.

Kata Kunci—, Panel Surya, Konverter Boost Kuadratik, INA219.

I. PENDAHULUAN

Kekhawatiran tentang menipisnya bahan bakar fosil dan pengaruhnya telah mendorong pencarian sumber energi terbarukan, salah satunya energi matahari [1]. Karena Indonesia berada di garis khatulistiwa dimana matahari selalu bersinar, pemanfaatan energi surya sebagai sumber listrik memiliki potensi yang besar. Meskipun efisiensi konversi energi panel surya yang diperoleh relatif rendah. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi konversi energi pembangkit listrik fotovoltaik. Membangun pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan banyak komponen, salah satunya adalah boost converter untuk menaikkan tegangan [2].

Konverter boost adalah konverter DC-DC yang menghasilkan tegangan output lebih tinggi dari tegangan input. Tujuan dari boost converter adalah untuk mengatur *duty cycle* untuk meningkatkan tegangan keluaran DC panel surya dan menjaga agar tegangan tetap stabil. Semakin besar nilai tegangan yang meningkat, semakin besar nilai *duty cycle*. Namun, peningkatan *duty cycle* tidak sesuai dengan kondisi peralatan yang ada, dan nilai *duty cycle* yang lebih tinggi menghasilkan efek elektromagnetik.

Berbagai konverter telah digunakan untuk mendapatkan efisiensi konversi dan rasio penguatan tegangan tinggi dengan menggunakan jumlah komponen yang minimum. Ketika panel surya terhubung dengan konverter sebaiknya menyediakan terminal tegangan tinggi untuk rentan input yang rendah. Konverter yang memberikan kisaran *output* tinggi pada tegangan rendah lebih efisien. Konverter *boost* kuadratik memiliki keunggulan dibandingkan konverter *boost* konvensional. Ukuran dari induktor berkurang dan nilai tegangan sakelar adalah setengah tegangan keluaran. Hal ini dapat mengurangi ukuran keseluruhan dan meningkatkan efisien dalam konverter *boost* kuadratik. Namun keseimbangan tegangan di seluruh DC bus kapasitor diperlukan karena ketidakidealisan dalam komponen.

Pada penelitian yang berjudul Perancangan Konverter DC Ke DC Untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Panel Solar Cell Menggunakan Teknologi *Boost Converter* [3] dimana pada penelitian ini merupakan proses perancangan

untuk menstabilkan tegangan keluaran dari panel surya 10 WP, dimana radiasi matahari akan berubah-ubah dan tegangan panel surya akan mengikuti besarnya radiasi tersebut. Dalam penelitian, panel surya yang digunakan memiliki tegangan keluaran antara 13,50 V sampai 20,8 V yang akan diubah menjadi 24 V dan distabilkan menggunakan konverter DC ke DC yang disebut *boost converter* karena untuk menghasikan tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan masukan.

Pada penelitian yang berjudul *Implementasi Boost Converter Dengan Kontrol PID Pada Tegangan Output Solar Charger* [4] dimana pada penelitian ini akan membuat sistem *charger* pada baterai yang menggunakan panel surya 10 WP sebagai sumber energinya serta menggunakan *boost converter* dengan kontrol PID untuk pengendali tegangan keluaran yang stabil. Kontrol PID ini dengan menentukan nilai K_p , K_i , dan K_d secara bebas dengan berpedoman sifat masing masing konstanta.

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti membuat “Perancangan Konverter *Boost* Kuadratik Pada Solar Panel Menggunakan Kontrol PID” menggunakan panel surya 10 WP sebagai sumber energi dengan beban lampu LED 24 volt. Tegangan yang keluar dari panel surya akan dinaikkan menggunakan konverter *boost* kuadratik hingga diperoleh tegangan keluaran untuk beban lampu. Tegangan keluaran konverter *boost* kuadratik akan dikontrol menggunakan kontrol PID untuk pengendalian yang stabil.

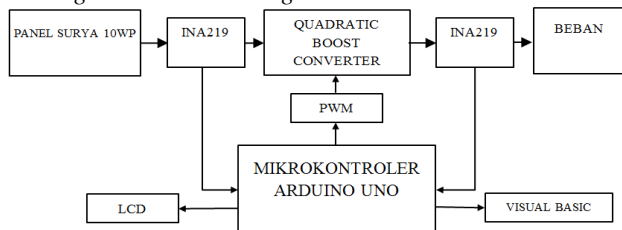
II. METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan melihat kinerja dari konverter *boost* kuadratik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui cara dari merancang sebuah konverter *boost* kuadratik. Penelitian dilaksanakan di tempat tinggal penulis, di Kel. Sumbersari, Kec. Sumbersari, Jember, Jawa Timur.

Pertama, penulis mencari referensi yang berkaitan dengan penelitian ini. Kedua, perancangan dan pembuatan alat serta program PID yang akan digunakan. Ketiga, pengujian terhadap sensor, rangkaian alat, dan panel surya yang digunakan. Keempat, pengambilan data. Dan tahap yang terakhir, pengambilan kesimpulan.

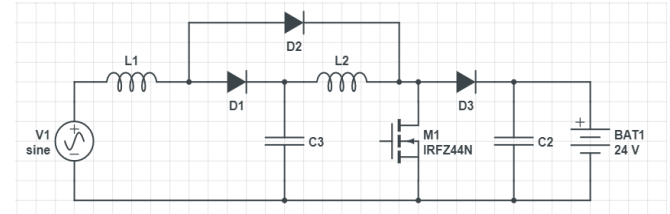
B. Rangkaian dan Rancangan Alat



Gambar 1 Blok Diagram Sistem Elektronika

Prinsip Kerja dari alat ini, lampu LED 24 volt akan menjadi beban. Panel surya yang akan digunakan memiliki tegangan keluaran antara 18-21 volt untuk menyalakan

lampu LED 24 volt, maka dari itu sebuah konverter *boost* kuadratik. Karena tegangan keluaran dari panel surya bervariasi, diperlukan sebuah kontrol penstabil tegangan agar tegangan *output* stabil. Sistem kontrol yang digunakan adalah PID yang dikontrol melalui Arduino UNO R3. Konverter *boost* kuadratik akan mengubah besar *duty cycle* untuk menaikkan tegangan, dimana *duty cycle* nanti akan diatur oleh sebuah kontrol berupa Arduino UNO R3 melalui besar PWM.



Gambar 2 Rangkaian Konverter *Boost* Kuadratik

Arduino UNO R3 yang berperan sebagai pengendali, terdapat sistem kontrol PID didalamnya yang berguna untuk menstabilkan tegangan keluaran. Pada rangkaian konverter *boost* kuadratik juga ada MOSFET yang berguna untuk *switching* dengan PWM tertentu sampai didapatkan keluaran sesuai *setpoint*. MOSFET memerlukan sebuah Driver MOSFET untuk mengendalikan penyalakan dari kerja MOSFET.

Tabel 1 Parameter Konverter *Boost* Kuadratik

Tegangan Masukan	18-21 V
Tegangan Keluaran	24 V
Arus Keluaran	0,1 – 2 A
Frekuensi <i>Switching</i>	50KHz

Untuk perancangan konverter *boost* kuadratik dibutuhkan spesifikasi dari konverter yang digunakan dapat dilihat pada tabel 1. Selanjutnya melakukan perancangan besaran pada komponen yang digunakan menggunakan persamaan.

Langkah – langkah untuk menghitung besaran pada komponen adalah [5].

1. Perhitungan *duty cycle*

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(\frac{1}{1-D}\right)^2 \quad (1)$$

$$D = 1 - \sqrt{\frac{V_{in}}{V_{out}}}$$

$$D = 1 - \sqrt{\frac{22}{28}} = 0,06548$$

Keterangan:

D : *Duty cycle*

V_{in} : Tegangan masukan

V_o : Tegangan keluaran

2. Perhitungan Induktor

$$I_L = \frac{I_o}{(1-D)^2} \quad (2)$$

$$I_{L1} = \frac{2}{(1-0,06548)^2} = 2,29 A$$

$$I_{L2} = \frac{2}{(1-0,06548)} = 2,14 A$$

$$\Delta I_L = 30\% \times I_L \quad (3)$$

$$\Delta I_{L1} = 30\% \times I_{L1} = 0,687 A$$

$$\Delta I_{L2} = 30\% \times I_{L2} = 0,642 A$$

$$L = \frac{V_{in} \times D}{\Delta I_L \times f} \quad (4)$$

$$L_1 = \frac{V_{in} \times D}{\Delta I_{L1} \times f} = \frac{21 \times 0,06548}{0,687 \times 50000} = 40,03 \mu H$$

$$L_2 = \frac{V_{in} \times D}{\Delta I_{L2} \times f} = \frac{21 \times 0,06548}{0,642 \times 50000} = 42,83 \mu H$$

Keterangan:

I_L : Arus induktor

ΔI_L : Arus ripple induktor

L : Induktor

f : Frekuensi

3. Perhitungan Kapasitor

$$VC_1 = \frac{V_{in}}{(1-D)} = \frac{21}{(1-0,06548)} = 22,4 V \quad (5)$$

$$VC_2 = \frac{VC_1}{(1-D)} = \frac{22,4}{(1-0,06548)} = 23,9 V \quad (6)$$

$$\Delta VC = 1\% \times VC \quad (7)$$

$$\Delta VC_1 = 1\% \times VC_1 = 0,224 V$$

$$\Delta VC_2 = 1\% \times VC_2 = 0,239 V$$

$$C_1 = \frac{I_{max} \times D}{(1-D) \times \Delta VC_1 \times f} \quad (8)$$

$$= \frac{2 \times 0,06548}{(1-0,06548) \times 0,224 \times 50000} = 12,51 \mu F$$

$$C_2 = \frac{I_{max} \times D}{\Delta VC_2 \times f} = \frac{2 \times 0,06548}{0,239 \times 50000} = 10,95 \mu F \quad (9)$$

Keterangan:

VC : Tegangan kapasitor

ΔVC : Tegangan ripple kapasitor

C : Kapasitor

I_{max} : Arus maksimal

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pengujian dan analisa terhadap hasil dari perancangan dan pembuatan sistem pada alat yang pertama dilakukan pengujian pada sensor INA219. Selanjutnya pengujian *Quadratik Boost Converter*. Dan terakhir pengujian sitem keseluruhan.

A. Analisa Pengujian Sensor INA219

Pengujian sensor bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran antara pembacaan sensor dengan multimeter. Pertama dilakukan pengujian pada tegangan. Pengujian ini dilakukan dengan memberi variasi tegangan guna dapat dilihat *error* persennya Berikut adalah hasil data pengujian seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Sensor Tegangan

INA219 (Volt)	Multimeter (Volt)	E%
8	8,07	0,88%
9	9,03	0,33%
10	10,05	0,50%
11	11,04	0,36%
12	12,05	0,42%
13	12,98	0,15%
14	14,07	0,50%
15	14,98	0,13%
16	16,03	0,19%
17	17,07	0,41%
Rata - rata		0,33%

Selanjutnya pengujian arus. Pengujian dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor dengan pembacaan multimeter. Berikut adalah hasil data pengujian seperti pada tabel 3.

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Sensor Arus

INA219 (Ampere)	Multimeter (Ampere)	E%
0,08	0,07	13%
0,16	0,15	6%
0,26	0,28	8%
0,31	0,33	6%
0,49	0,46	6%
0,57	0,53	7%
0,66	0,67	2%
0,89	0,88	1%
1,01	0,99	2%
1,17	1,16	1%
Rata-rata		5%

B. Analisa Pengujian Konverter Boost Kuadratik

Pengujian dilakukan dengan beban lampu LED 24 volt dan tegangan input 18 volt menggunakan catu daya konstan. Fungsi dari pengujian ini adalah untuk menentukan efisiensi (η) konverter. Oleh karena itu, diperoleh data daya input (P_{in}) dan daya output (P_{out}) konverter. Hasil pengujian data adalah sebagai berikut. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Nilai efisiensi konverter yang digunakan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

η : Efisiensi

P_{in} : daya masuk (W)

P_{out} : daya keluar (W)

Tabel 4 Data hasil pengujian konverter

Menit ke-	Vin (V)	Iin (mA)	Pin (Watt)	Vout (V)	Iout (mA)	Pout (Watt)	η (%)
1	18	178,6	3,21	24,56	110,6	2,72	84%
2	18	169,4	3,05	24,44	100,1	2,45	80%
3	18	176,8	3,18	23,81	113,8	2,71	85%
4	18	188,6	3,39	23,70	118,8	2,82	83%
5	18	180,6	3,25	23,70	114,6	2,72	84%
6	18	183	3,29	25,38	109,7	2,78	85%
7	18	184,9	3,33	24,62	116,9	2,88	86%
8	18	180,9	3,26	24,89	111,2	2,77	85%
9	18	182,4	3,28	23,70	117,6	2,79	85%
10	18	178,4	3,21	24,26	111,6	2,71	84%
Rata-rata							84%

C. Pengujian Sitem Keseluruhan

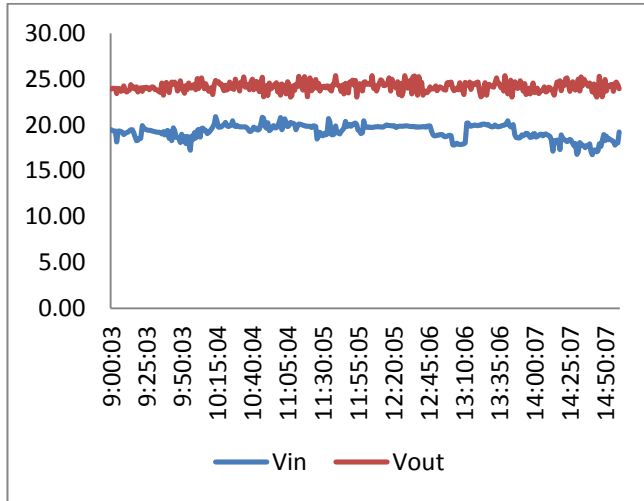
Tes dilakukan pada tanggal 25 Oktober 2022 di tempat tinggal penulis di Kel.Sumbersari, Kec.Sumbersari, Jember, Jawa Timur, antara pukul 09:00 WIB dan 15:00 WIB. Dengan menghubungkan panel surya 10 WP ke rangkaian

konverter *boost* kuadratik yang dirancang dengan beban lampu LED 24 volt, ini menentukan kinerja seluruh sistem terlepas dari kondisi cuaca.

Tabel 5 Tabel Hasil Pengujian QBC selama 20 Menit Pertama

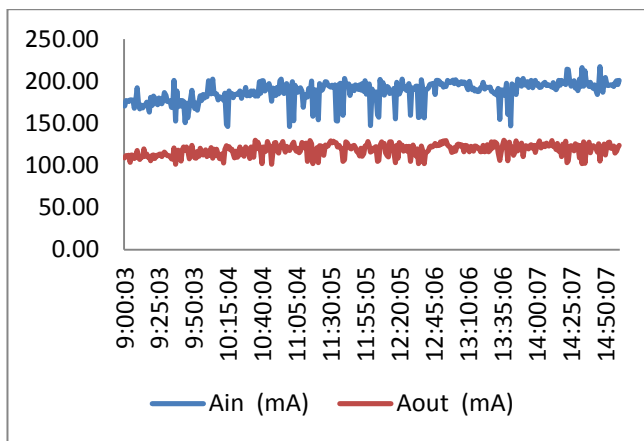
No	Waktu	Vin (V)	Ain (mA)	Pin (W)	Vout (V)	Aout (mA)	Pout (W)	η (%)
1	9:00:03	19,46	170,60	3,32	23,91	109,20	2,61	79%
2	9:01:03	19,37	177,00	3,43	24,02	111,80	2,69	78%
3	9:02:03	19,32	176,60	3,41	23,98	111,60	2,68	78%
4	9:03:03	19,34	175,80	3,40	23,98	111,90	2,68	79%
5	9:04:03	18,15	177,70	3,23	23,41	103,70	2,43	75%
6	9:05:03	19,33	177,80	3,44	23,97	112,40	2,69	78%
7	9:06:03	19,32	177,20	3,42	23,94	112,10	2,68	78%
8	9:07:03	19,27	168,00	3,24	23,68	108,10	2,56	79%
9	9:08:03	19,18	175,20	3,36	23,80	110,30	2,63	78%
10	9:09:03	18,96	192,20	3,64	24,26	117,90	2,86	78%
11	9:10:03	19,09	173,50	3,31	23,73	109,40	2,60	78%
12	9:11:03	19,17	167,20	3,21	23,58	107,10	2,53	79%
13	9:12:03	19,24	171,60	3,30	23,73	109,70	2,60	79%
14	9:13:03	19,37	168,10	3,26	23,82	110,20	2,62	81%
15	9:14:03	19,46	170,60	3,32	24,40	119,50	2,92	88%
16	9:15:03	19,47	171,60	3,34	24,02	110,90	2,66	80%
17	9:16:03	19,15	175,10	3,35	24,16	113,70	2,75	82%
18	9:17:03	18,64	169,80	3,17	23,90	109,70	2,62	83%
19	9:18:03	18,27	163,20	2,98	24,14	110,20	2,66	89%
20	9:19:03	18,31	180,80	3,31	23,61	105,70	2,50	75%

Pada Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian dari konverter *boost* kuadrat di 20 menit pertama pengujian. Diperoleh pada pukul tegangan *output* terbesar yaitu 24,40 volt pada pukul 9:14:03.



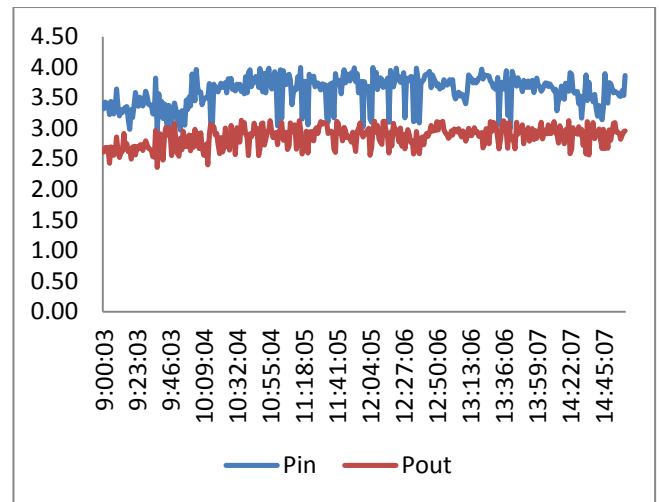
Gambar 3 Grafik Perbandingan Tegangan *Input* dan *Output* QBC Keseluruhan

Pada gambar 3 menunjukkan grafik hasil pengujian keseluruhan dari konverter *boost* kuadrat menggunakan PID. Diperoleh pada tegangan *output* terbesar yaitu 25,38 volt pada pukul 12:05:05. Sedangkan tegangan *output* terkecil yaitu 23,03 volt pada pukul 11:54:05.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Arus *Input* dan *Output* QBC Keseluruhan

Pada gambar 4 menunjukkan grafik hasil pengujian keseluruhan dari konverter *boost* kuadrat menggunakan PID. Diperoleh pada arus *output* terbesar yaitu 129,80 mA pada pukul 10:35:04. Sedangkan tegangan *output* terkecil yaitu 101,30 mA pada pukul 10:47:04.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Daya *Input* dan *Output* QBC Keseluruhan

Pada gambar 5 menunjukkan grafik hasil pengujian keseluruhan dari konverter *boost* kuadrat menggunakan PID. Diperoleh pada daya *output* terbesar yaitu 3,12 watt pada pukul 10:35:04. Sedangkan tegangan *output* terkecil yaitu 2,36 watt pada pukul 9:37:03.

Pada pengujian ini didapat pula tingkat efisiensi dari konverter *boost* kuadrat. Diperoleh efisiensi terbesar yaitu 99% pada pukul 10:15:04. Sedangkan efisiensi terkecil yaitu 65% pada pukul 10:40:04. Dan rata – rata efisiensi dari konverter *boost* kuadrat pada pengujian kali ini yaitu 80%.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan di dapatkan kesimpulan sensor INA219 dapat membaca arus dan tegangan dengan baik lalu dikirimkan ke Arduino yang kemudian ditampilkan oleh *visual basic* sehingga dapat di *monitoring* secara *real time*. Kedua, Konverter *boost* kuadrat ini dapat beroperasi pada rentang tegangan input yang lebar. Untuk pengujian peralatan, konverter *boost* kuadrat dapat mempertahankan tegangan output pada kisaran 24 volt untuk kisaran tegangan input 20,90 volt hingga 16,74 volt.

Kesimpulan selanjutnya, perancangan konverter *boost* kuadrat dengan beban lampu LED 24 volt mendapatkan nilai efisiensi yang terbesar yaitu 99% dengan daya *input* sebesar 2,99 watt dan daya *output* sebesar 2,97 watt. Sedangkan untuk nilai efisiensi terkecil yaitu 65% dengan daya *input* sebesar 3,91 watt dan daya *output* sebesar 2,55 watt.

Dan kesimpulan yang terkahir, tegangan yang dihasilkan saat pengujian keseluruhan sistem tidak mengalami penurunan yang tidak sesuai dengan *setpoint* pada saat cuaca tidak cerah seperti pada pukul 14:41:07 tegangan yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 16,74 volt dan tegangan *output* dari konverter *boost* kuadrat sebesar 23,60 volt. Hal ini

dikarenakan kontrol PID sebagai kinerja peningkat optimal untuk tegangan *output* konverter *boost* kuadratik didapat nilai parameter yang sesuai dengan sistem ini adalah $K_p = 0,09$, $K_i = 0,001$, $K_d = 0,0001$.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P, Priya, et al, "Analysis and Experimentation of Quadratic Boost Converter for Photovoltaic Applications, *Indian Journal of Science and Technology*, Vol. 10(37), ISSN (Print) : 0974-6846, ISSN (Online) : 0974-5645, 2017
- [2] Fathurachman, Ahmad, Najmurrokhman, Asep dan Kusnandar, Perancangan Boost Converter Untuk Sistem, *Universitas Jendral Achmad Yani, Cimahi*
- [3] Suwitno, et al, Perancangan Konverter DC ke DC untuk Menstabilkan Tegangan Keluaran Panel Solar Cell Menggunakan Teknologi Boost Converter, *Journal of Electrical Technology*, 2017, Vol. Vol. 2, No. 3, ISSN: 2598-1099 (Online) ISSN: 2502-3624 (Cetak), 2017
- [4] Rahmawati, Roro, Implementasi Boost Converter Dengan Kontrol Pid Pada Tegangan Output Solar Charger. *Universitas Jember*, 2018
- [5] B, Surya Prabha dan Ramprasath, Mr S, Mathematical modelling and Performance analysis of Quadratic Boost Converter, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Vol. 9. ISSN 2229-5518. 2018