

KONVERTER ENERGI TERBARUKAN SEL VOLTA MEMANFAATKAN AIR GARAM DENGAN TOPOLOGI BUCK METODE PID

Muhammad Wildan Habibi¹, Budhy Setiawan², Edi Sulistyo Budi³
e-mail: wildanhabibi208@gmail.com

^{1,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 26 Juli 2023
Direvisi 6 November 2023
Diterbitkan 31 Mei 2024

Kata kunci:

Energi terbarukan

Buck Konverter

Kontrol PID

Induktor

ABSTRAK

Energi baru terbarukan (EBT) semakin banyak dikembangkan di Indonesia. Penting diperhatikan energi baru terbarukan merupakan energi listrik alternatif yang diharapkan mampu mengganti energi fosil dikemudian hari. Namun energi listrik alternatif yang dihasilkan masih membutuhkan *converter* untuk bisa dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya *buck converter* metode PID. *Buck converter* merupakan penurun tegangan DC-DC yang sering digunakan untuk *converter* energi baru terbarukan. Kontrol PID bekerja untuk mengatasi penurunan tegangan keluaran agar tetap sesuai setpoint. Pada penelitian *buck converter* dibuat dengan cara mendapatkan nilai *inductor* terlebih dahulu, setelah itu menghitung menggunakan rumus untuk mendapatkan nilai komponen lainnya. Penelitian bertujuan *buck converter* metode PID dibuat dengan efisiensi waktu sangat tinggi. *buck converter* metode PID dapat dibuat dan bekerja sesuai spesifikasi yang direncanakan yaitu arus *output* 5 Ampere dengan *output* tegangan 17,79 Volt, ketika *input* tegangan 18 Volt. Sehingga dapat dikatakan efisiensi *buck converter* mencapai sekitar 90%. Kontrol PID didapat dengan nilai $KP= 0.11174$, $KI= 2.2348$, $KD=0$ dimana respon sistem membutuhkan waktu 1.8 detik sudah dapat mencapai *setpoint*. *buck converter* metode PID dapat menjaga kestabilan tegangan keluaran meskipun beban berubah. *buck converter* metode PID dapat dengan cepat menyesuaikan setpoint yang dirubah sesuai yang diinginkan.

ABSTRACT

New renewable energy (EBT) is increasingly being developed in Indonesia. It is important to note that new renewable energy is alternative electrical energy which is expected to be able to replace fossil energy in the future. However, the alternative electrical energy produced still requires a converter to be used in everyday life. For example, the PID method buck converter. Buck converters are DC-DC voltage reducers that are often used for new and renewable energy converters. PID control works to overcome the drop in output voltage so that it remains within the set point. In the buck converter research, it was made by getting the inductor value first, after that calculating using a formula to get the other component values. The research aims to create a PID method buck converter with very high time efficiency. The PID method buck converter can be made and works according to the planned specifications, namely an output current of 5 Amps with an output voltage of 17.79 Volts, when the input voltage is 18 Volts. So it can be said that the efficiency of the buck converter reaches around 90%. PID control is obtained with values $KP= 0.11174$, $KI= 2.2348$, $KD=0$ where the system response takes 1.8 seconds to reach the setpoint. The PID method buck converter can maintain stable output voltage even though the load changes. The PID method buck converter can quickly adjust the changed setpoint as desired.

Keywords:

Renewable energy

Buck Converter

PID control

Inductor



Penulis Korespondensi:

Muhammad Wildan Habibi,
Jurusan Teknik Elektro,
Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos. 65141
Email: wildanhabibi208@gmail.com
Nomor HP/WA aktif: +62 81358947525

1. PENDAHULUAN

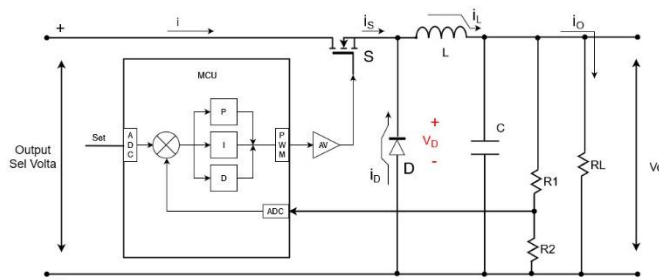
Energi baru terbarukan (EBT) ahir-akhir ini semakin banyak dikembangkan di Indonesia seiring dengan terus menipisnya persediaan energi fosil yang ada. Penting diperhatikan energi baru terbarukan merupakan energi listrik alternatif pengganti energi fosil. energi listrik alternatif mampu menghasilkan sumber DC. Namun energi listrik alternatif yang dihasilkan masih membutuhkan *converter* untuk bisa dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Banyak macam *converter* yang sudah ada misalnya *Buck converter*.

Buck converter merupakan penurun tegangan DC-DC yang sering digunakan untuk *converter* energi baru terbarukan. Pemilihan *buck converter* didasari oleh energi listrik alternatif yang dihasilkan cenderung konstan dan diketahui diatas tegangan yang diharapkan. *Buck konverter* bekerja sebagai penurun dan penstabil tegangan keluaran dari energi listrik alternatif sesuai dengan standar. Kontrol PID bekerja untuk mengatasi apabila terjadi penurunan tegangan supaya dapat mempertahankan *output* tegangan *buck konverter* berada pada *set point*. *Buck converter* memiliki beberapa komponen penting seperti mosfet, diode, kapasitor, dan *inductor*.

Pada penelitian sebelumnya. Perancangan *buck converter* metode PID telah banyak dilakukan, namun pada perancangan *buck converter* untuk menentukan nilai *inductor* menggunakan cara menghitung dengan rumus terlebih dahulu. Setelah mengetahui nilai *inductor* yang dibutuhkan baru membuat atau mencari *inductor* yang sesuai[3]. Hal ini memakan waktu yang lama dan susah untuk tercapai sesuai spesifikasi *buck converter* yang diinginkan sehingga tidak efisien untuk dilakukan. Pada *buck converter*, *Inductor* merupakan komponen yang utama pada keberhasilan dalam perancangan *buck converter*. Pada penelitian ini penulis mencoba merancang *buck converter* pada saat pemilihan *inductor* dengan cara membalik cara sebelumnya menjadi mendapatkan nilai *inductor* terlebih dahulu, setelah itu menghitung menggunakan rumus untuk mendapatkan nilai komponen lainnya. Serta menggunakan kontroler PID sebagai penstabil tegangan agar keluarannya tetap konstan. Keluaran tegangan dapat diatur sesuai kebutuhan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya dalam menentukan *inductor* pada perancangan *buck converter*. Dan output sesuai spesifikasi yang diharapkan.

2. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan blok diagram elektrik dan *control* untuk mempermudah pemahaman dari cara kerja *buck konverter* yang dibuat.



Gambar 1: Diagram blok elektrik dan control

Parameter-parameter *input output buck converter* sangat dibutuhkan untuk menghitung nilai dari induktor, kapasitor serta pemilihan tipe mosfet yang digunakan berdasarkan datasheet. Berikut adalah parameter *buck converter* yang digunakan.



Tabel 1: parameter perancangan *buck konverter*

Input Tegangan	18 – 1.5 Volt
Output Tegangan	17.79-0.34 Volt
Arus Maksimum	5 Ampere
SetPoint	0.25 – 20 Volt
<i>Duty cycle</i>	0 – 100%
<i>Ripple</i> Tegangan	5%
Mosfet Irf4905 Type-P	$V_{DSS} = 55V$; $R_{DS(on)} = 0.02\Omega$; $I_D = 74A$
20SQ045 Dioda Schottky	20A 45V
Frekuensi	31250 Hz

Pada perhitungan pertama karena sudah didapat inductor dengan spesifikasi induktansi 0.00014 henri atau 140uH dengan kemampuan arus 12A. maka untuk perhitungan nilai *inductor* yang dibutuhkan tidak perlu. Pada perhitungan kapasitor dibutuhkan mengetahui arus riak inductor. Berikut rumus perhitungan didapat dari rumus mencari nilai *inductor*:

$$L = \frac{V_{out}(V_{in}-V_{out})}{\Delta I_L \times f_s \times V_{in}} \quad (1)$$

Sehingga rumus arus riak inductor menjadi berikut:

$$\Delta I_L = \frac{V_{out}(V_{in}-V_{out})}{L \times f_s \times V_{in}} \quad (2)$$

$$\Delta I_L = \frac{12(18-12)}{0.00014 \times 31250 \times 18}$$

$$\Delta I_L = 0.91428571 \text{ Ampere}$$

selanjutnya Sebelum menghitung nilai kapasitor yang dibutuhkan. perlu menghitung riak tegangan output yang ditimbulkan kapasitor. Nilai ESR (resistansi keluaran kapasitor) telah ditetapkan 0.5 Ω . Berikut rumus perhitungannya:

$$\Delta V_{out} = ESR \times \Delta I_L \quad (3)$$

$$\Delta V_{out} = 0.5 \times 0,91428571$$

$$\Delta V_{out} = 0.45714286$$

Perhitungan kapasitor dapat dilakukan setelah mengetahui nilai arus riak inductor dan mengetahui riak tegangan output. Kapasitor perlu dihitung secara detail agar dapat berfungsi secara maksimal pada rangkaian *buck konverter*. Berikut rumus perhitungannya

$$C_{out} = \frac{\Delta I_L}{8 \times 31250 \times \Delta V_{out}} \quad (4)$$

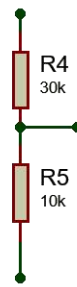
$$C_{out} = \frac{0.91428571}{8 \times 31250 \times 0.45714286}$$

$$C_{out} = 0.000008 \text{ F}$$

Perancangan sensor tegangan digunakan sebagai pembacaan tegangan keluaran dari buck konverter untuk digunakan umpan balik ke mikrokontroler maupun untuk ditampilkan pada LCD. Parameter pembacaan sensor tegangan disini 0 V-20 V.

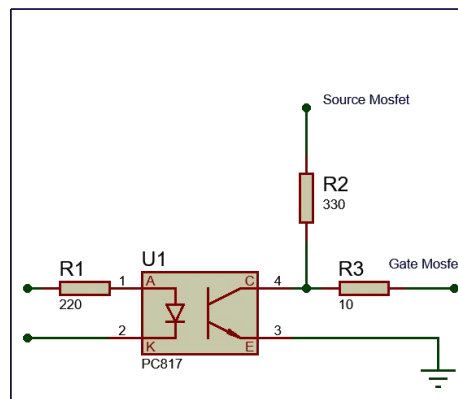
Rangkaian sensor tegangan menggunakan sistem pembagi tegangan dengan dua resistor yang dipasang seri untuk mengkonversi tegangan maksimal sistem 20 Volt menjadi tegangan 5Volt untuk dapat dibaca oleh mikrokontroler melalui pin ADC.





Gambar 2: rangkain sensor tegangan

Perancangan driver mosfet tipe P menggunakan Optocoupler PC817 sebagai pemisah antara rangkaian mikrokontroler dengan rangkaian *buck converter*. Fungsi rangkaian ini secara sederhana adalah sebagai trigger untuk membuka tutup saklar mosfet secara bergantian sesuai dengan kontrol PWM dari mikrokontroler. Sehingga apabila ada terjadi *short circuit* salah satu rangkaian tidak rusak rangkaian keduanya. Gambar 3 Berikut merupakan rangkaian driver mosfet tipe P yang digunakan



Gambar 3: rangkaian driver mosfet

Selanjutnya perancangan sistem kontrol disini menggunakan metode PID. Tujuan digunakanya control PID yaitu untuk menjaga *output* tegangan *buck converter* tetap konstan dengan beban berapapun.

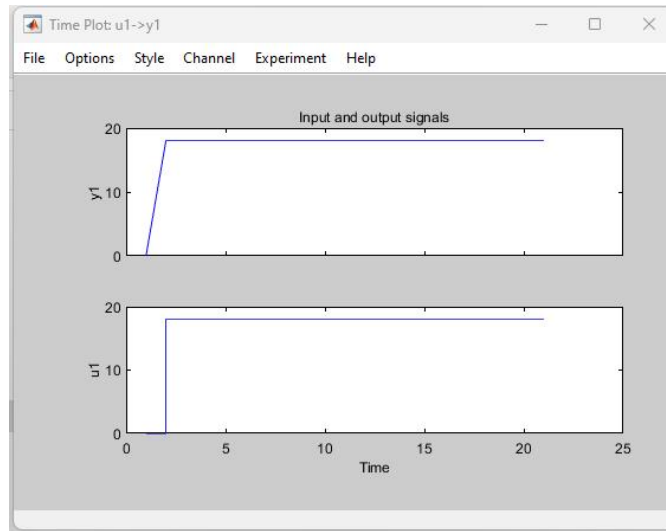
Sistem kontrol yang digunakan pada buck konverter menggunakan metode PID. untuk mengimplementasikan kontrol PID pada buck konverter diperlukan identifikasi plant untuk mendapatkan model matematis plant berupa transfer function. Software Matlab dapat memodelkan suatu plant dengan metode Recursive Least Square (RLS) sehingga dapat diketahui transfer function dari plant tersebut. Kelebihan dari metode ini adalah sistem ini menganggap sistem fisik yang akan dimodelkan sebagai sebuah black box, sehingga apapun jenis komponen yang ada didalam sistem fisik dan apapun jenis bahannya tidak dipermasalahkan dan tidak perlu diperhatikan (Bobál V, J. Böhm, J. Fessl dan J. Macháček. 2005.).

Model matematis atau model plant yang diperoleh akan digunakan untuk simulasi pada matlab. Sehingga memungkinkan merancang control secara simulasi tanpa harus membahayakan sistem sebenarnya. Dari model plant didapatkan persamaan fungsi diskrit dengan rumus polinomial sebagai berikut:

$$Plant(z) = \frac{y(z)}{u(z)} = \frac{b_1 + b_2z^1 + b_3z^2 + b_nz^n}{a_1 + a_2z^1 + a_3z^2 + a_nz^n} \quad (5)$$

Langkah-langkah untuk memodelkan plant pada matlab sebagai berikut: pertama. Mengukur waktu, input dan output dari system Gambar 5 adalah Respon Sistem Tegangan Terhadap Waktu.



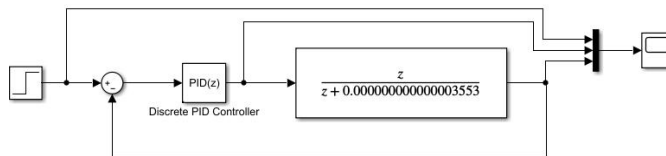


Gambar 4: Respon Sistem Tegangan Terhadap Waktu

Kedua. Masukkan perintah *system Identification* pada matlab untuk membuka jendela *system identification* pada matlab. Ketiga, Masukkan nilai input dan output pada *system identification* matlab kemudian simulasikan transfer function dengan menentukan beberapa nilai pole dan zero. Keempat, Bandingkan hasil simulasi kemudian pilih hasil transfer function dengan tingkat kemiripan tertinggi. Terahir, catat rumus transfer function dari simulasi tersebut.

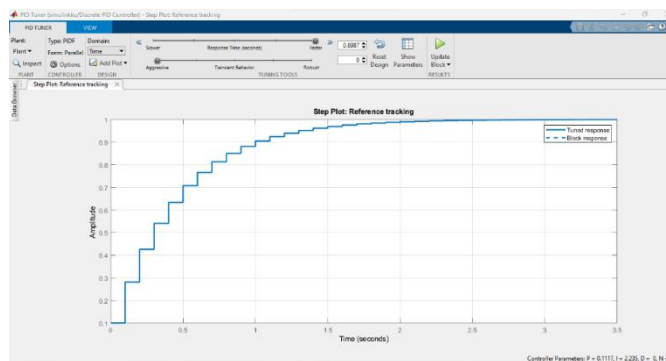
Setelah persamaan transfer function (fungsi alih) sudah ditentukan, langkah selanjutnya yaitu tuning PID menggunakan simulink pada matlab untuk mendapatkan nilai parameter Kp, Ki, Kd. Berikut ini langkah-langkah tuning PID menggunakan simulink matlab:

Pertama, buat diagram blok dari sistem pada simulink matlab dengan input step dan tambahkan PID controller.



Gambar 5: Transfer Function Hasil Identifikasi

Kedua, pada PID *controller* ubah parameter PID untuk mendapatkan respon sistem yang lebih baik. Kemudian tekan Update Block untuk penerapan parameter control.



Gambar 6: Proses Tuning Control



Ketiga, setelah itu didapatkan parameter K_p , K_i , K_d dan N untuk diimplementasikan pada microcontroller. Setelah mendapatkan nilai PID yang dicari, nilai $K_p=0,11174$ $K_i=2,2348$ $K_d=0$, langkah selanjutnya yaitu mengimplementasikan nilai tersebut kedalam program mikrokontroler.

Controller Parameters		
	Tuned	Block
P	0.11174	0.11174
I	2.2348	2.2348
D	0	0
N	100	100

Performance and Robustness		
	Tuned	Block
Rise time	1 seconds	1 seconds
Settling time	1.8 seconds	1.8 seconds
Overshoot	0 %	0 %
Peak	1	1
Gain margin	Inf dB @ NaN rad/s	Inf dB @ NaN rad/s
Phase margin	90 deg @ 2.23 rad/s	90 deg @ 2.23 rad/s
Closed-loop stability	Stable	Stable

Gambar 7: Parameter Hasil Tuning PID

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu pengujian kalibrasi sensor, pengujian driver mosfet, pengujian buck konverter, dan pengujian kendali PID.

Kalibrasi sensor bertujuan untuk menyesuaikan nilai sensor agar mendekati nilai alat ukur yang sesuai sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan nilai yang diharapkan. Kalibrasi ini dilakukan dengan mengukur tegangan power supply yang bervariasi.

Tabel 2: kalibrasi sensor tegangan

NO	Multimeter (V)	Sensor Tegangan (V)	Selisih (V)	Error(%)
1	0	0	0	0
2	2	2.10	0.10	5
3	4	4.16	0.16	4
4	6	6.19	0.19	3,1
5	8	8.22	0.22	2,75
6	10	10.23	0.23	2,3
7	12	12.27	0.27	2,25
8	14	14.3	0.3	2,14
9	16	16.33	0.33	2



10	18	18.38	0.38	2,1
11	20	19.98	0.02	0,1
Rata-rata error				2,34

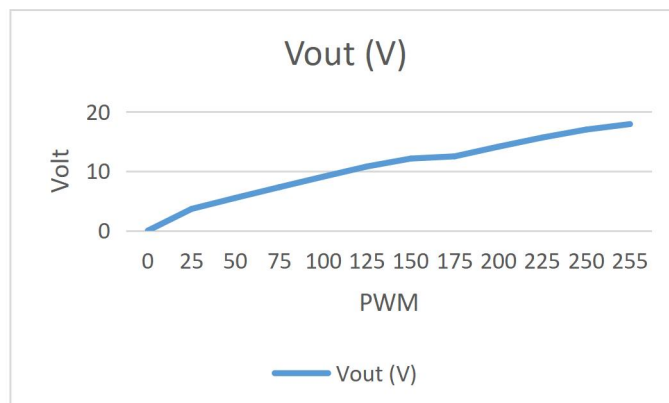
Tabel 2 menunjukkan hasil kalibrasi pembacaan sensor tegangan. Dari hasil tersebut terdapat selisih dari pengukuran pembandingan menggunakan multimeter. Hasilnya diperoleh nilai eror rata-rata sebesar 2,34%. Hasil tersebut sudah memenuhi jika toleransi sebesar 5%.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian driver mosfet. Pengujian driver mosfet bertujuan mengetahui rangkaian yang akan digunakan sebagai switching sudah berkerja dengan baik. Multimeter digunakan untuk melihat tegangan keluaran pada driver mosfet saat *duty cycle* diubah kelipatan 25 dengan tegangan input yang digunakan sebesar 18V.

Tabel 3: Pengujian Driver MOSFET

PWM	Vout (V)
0	0
25	3,66
50	5.51
75	7,31
100	9.07
125	10.79
150	12.12
175	12.49
200	14.12
225	15.65
250	16.99
255	17.91

Berdasarkan grafik pada gambar 8 diperoleh hasil tegangan *output linier* dengan kenaikan nilai PWM. Pada nilai PWM tertinggi Vout hamper mendekati nilai input sebesar 18V. Sehingga driver mosfet dapat digunakan pada rangkaian buck converter.



Gambar 8: grafik tabel 3 pengujian driver mosfet



Pengujian selanjutnya adalah *buck converter* sesuai spesifikasi parameter yang diharapkan. Pengujian rangkaian buck converter dilakukan dengan cara memasukan program PWM ke mikrokontroler serta mengubah *Duty Cycle* dan nilai rheostat agar output konstan 12V dengan arus yang dikeluarkan berkelipatan 0,5 Ampere. Pengujian rangkaian *buck converter* dengan tegangan input tetap dan PWM berubah, serta berbeban rheostat yang nilainya diubah-ubah untuk mengetahui kemampuan arus yang dapat dikeluarkan *buck converter*.

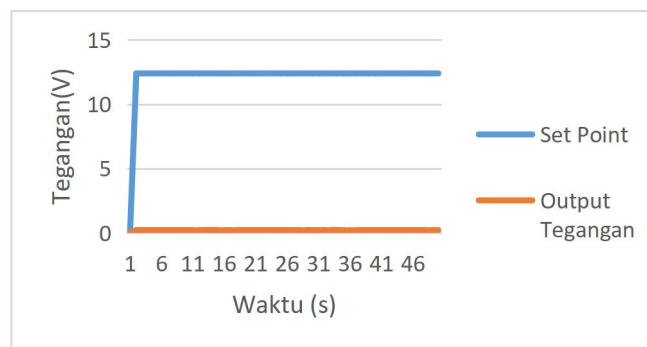
Tabel 4: pengujian buck converter berbeban

Io (A)	PWM	Vo (V)
0,5	153	12
1	165	12
1,5	173	12
2	177	12
2,5	178	12
3	179	12
3,5	181	12
4	183	12
4,5	185	12
5	187	12

Dari hasil pengujian pada tabel 4 menunjukkan bahwa rangkaian *buck converter* sudah dapat bekerja dengan baik, *buck converter* mampu mengeluarkan arus sebesar 5A dan tegangan konstan 12V. Hal ini dapat diamati dari nilai PWM yang dibutuhkan dapat dipengaruhi oleh besaran nilai arus yang dikeluarkan. Arus yang dikeluarkan lebih kecil maka Nilai PWM juga lebih kecil dari pada arus yang dikeluarkan lebih besar.

Berdasarkan data pengujian rangkain yang telah dilakukan secara parsial berhasil. Maka *buck converter* metode PID sudah layak dirangkai menjadi satu rangkaian. uji coba *buck converter* metode PID dengan menggunakan sistem kontrol PID maupun tidak menggunakan sistem kontrol untuk mengetahui perbedaan respon sistemnya.

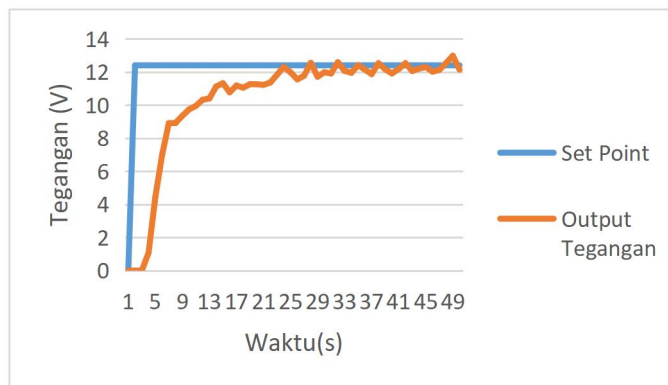
Pengujian sistem kontrol metode PID dilakukan untuk mengetahui respon sistem saat nilai mencapai *setpoint*. Respon sistem dibagi menjadi 2, yaitu respon sistem tanpa kontrol PID dan respon sistem dengan kontrol PID. Gambar 9 menunjukkan grafik respon sistem tanpa kontrol PID.



Gambar 9: Grafik pengujian buck converter tanpa kontrol PID

Grafik 9 merupakan pengujian buck converter tanpa menggunakan sistem kontrol. Pengujian tanpa kontrol menunjukkan bahwa respon sistem tidak bisa mencapai setpoint yang diinginkan. Output tegangan tidak bisa naik mencapai set point yang diinginkan. Gambar 10 menunjukkan grafik respon sistem dengan kontrol PID.





Gambar 10: Grafik pengujian buck converter menggunakan kontrol PID

Grafik diatas merupakan hasil dari pengujian *buck converter* menggunakan kontrol PID dengan nilai $K_p = 0.11174$, $K_i = 2.2348$, dan $K_d = 0$. Respon sistem menunjukkan telah mampu mencapai setpoint yang ditentukan. Masih terdapat error pada saat mencapai setpoint yang diinginkan.

Berdasarkan grafik pada Gambar 9 dan Gambar 10, sistem tanpa kontrol PID tidak dapat digunakan karena tidak dapat mencapai *setpoint*. Sedangkan sistem dengan kontrol PID mampu mengendalikan tegangan sesuai *setpoint* yang diinginkan. Adapun *error* adanya *ripple* pada sistem kontrol PID masih masuk toleransi karena mendekati *setpoint*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perancangan *buck converter* metode PID menggunakan cara mencari *inductor* dahulu baru menghitung komponen lainnya berhasil dibuat. Efisiensi waktu menggunakan cara tersebut juga sangat tinggi. Dan pembuatan *buck converter* lebih mudah, tidak perlu membuat *inductor* sesuai hitungan karena sudah disiapkan terlebih dahulu baru dimasukan ke rumus hitungan. Pada rangkaian *buck converter* metode PID dapat bekerja sesuai spesifikasi yang direncanakan dimana dapat mengeluarkan arus output 5 Ampere dengan output tegangan 17,79 Volt, ketika input tegangan dari power supply yaitu 18 Volt. Dengan kata lain sesuai parameter yang ditentukan *buck converter* metode PID mampu mengeluarkan arus maksimum 5 Ampere. Kontrol PID didapat dengan nilai $K_P = 0.11174$, $K_I = 2.2348$, $K_D = 0$ dimana respon sistem membutuhkan waktu 1.8 detik sudah dapat mencapai *setpoint* yang diinginkan, meskipun masih terdapat error. Karena ketika tanpa kontrol sistem tidak dapat mencapai *setpoint*. *buck converter* metode PID dapat menjaga kestabilan tegangan keluaran meskipun beban berubah. *buck converter* metode PID dengan cepat menyesuaikan *setpoint* yang dirubah sesuai yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Saudi S. 2017. Rancang Bangun Catu Daya Digital Menggunakan *Buck Converter* Berbasis Mikrokontroler Arduino. *ELEKTRICIAN* Vol. 11 No. 1 Januari 2017.
- [2] Cahyono, Satrio. 2017. Perancangan Sistem Solar Charger Menggunakan *Buck Converter* Dengan Metode *Pid*. Skripsi. Teknik Elektro, Universitas Jember. Jember.
- [3] Hauke, B. 2015. Basic Calculation of a *Buck Converter's* Power Stage. Texas Instrument Inc.
- [4] Setiawan, I. N. W., Supriono, & Citarsa, I. B. F. 2018. Desain *Buck Converter* Untuk Charging Baterai Pada Beban Bervariasi. *Dielektrika* Vol. 5, No. 1 30-35, Pebruari 2018.
- [5] Sihombing, M. Julkifri. 2018. Pengendali *PWM* pada *Buck Converter* dengan *PID Control*. Skripsi. Teknik Elektro, Universitas Sumatra Utara. Medan.
- [6] Elsi M., Asnil, Dan Fivia E., "Sistem Pengisian Baterai Menggunakan *Buck Konverter*," *INVOTEK*, Vol. 18, no. 1, 2018. DOI : 10.24036/invotek.v18i1.248



- [7] sheren D. D., dan Aswardi. 2020. "Rancang Bangun Buck Boost Converter Menggunakan Kendali PID," JTEV, Vol. 06 No. 02 2020.
- [8] Arizal, Fachrul. 2017. Pengaruh Kadar Garam Terhadap Daya Yang Dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air Garam Sebagai Energi Alternatif Terbarukan. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin Vol. 2 No. 1 juni 2017.
- [9] Arizal, Fachrul. 2017. Pengaruh Kadar Garam Terhadap Daya Yang Dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air Garam Sebagai Energi Alternatif Terbarukan. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin Vol. 2 No. 1 juni 2017.
- [10] Santoso, B. E. 2020. Baterai Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Untuk Pemukiman Pesisir Dan Budidaya Perikanan. Jurnal Elekrika Borneo. Vol. 6, No. 1. April 2020.

