

# LAMPIRAN

**TOSHIBA**

TLP250

TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ired & Photo-IC

## TLP250

Transistor Inverter  
 Inverter For Air Conditionor  
 IGBT Gate Drive  
 Power MOS FET Gate Drive

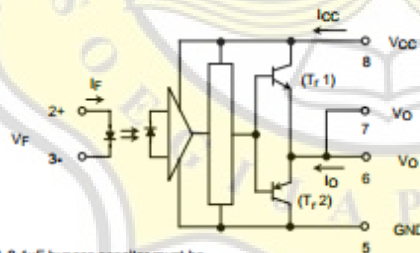
The TOSHIBA TLP250 consists of a GaAlAs light emitting diode and an integrated photodetector.  
 This unit is 8-lead DIP package.  
 TLP250 is suitable for gate driving circuit of IGBT or power MOS FET.

- Input threshold current:  $I_F=5mA(max.)$
- Supply current ( $I_{CC}$ ):  $11mA(max.)$
- Supply voltage ( $V_{CC}$ ): 10-35V
- Output current ( $I_O$ ):  $\pm 1.5A(max.)$
- Switching time ( $t_{pLH}/t_{pHL}$ ):  $1.5\mu s(max.)$
- Isolation voltage:  $2500V_{rms}(min.)$
- UL recognized: UL1577, file No.E67349
- Option (D4) type
  - VDE approved: DIN VDE0884/06.92,certificate No.76823
  - Maximum operating insulation voltage: 630VPEK
  - Highest permissible over voltage: 4000VPEK

(Note) When a VDE0884 approved type is needed, please designate the "option (D4)"

- Creepage distance: 6.4mm(min.)
- Clearance: 6.4mm(min.)

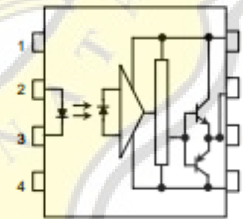
### Schematic



A 0.1 $\mu$ F bypass capacitor must be connected between pin 8 and 5 (See Note 5).



### Pin Configuration (top view)



- 1 : N.C.
- 2 : Anode
- 3 : Cathode
- 4 : N.C.
- 5 : GND
- 6 :  $V_O$  (Output)
- 7 :  $V_O$
- 8 :  $V_{CC}$

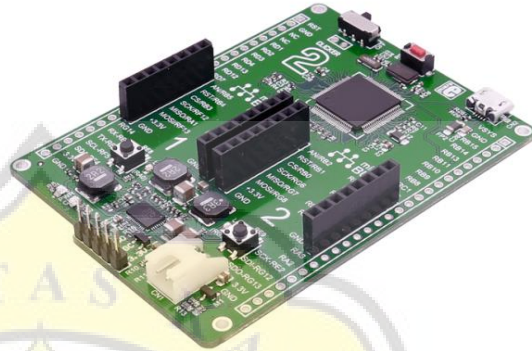
### Truth Table

		Tr1	Tr2
Input LED	On	On	Off
	Off	Off	On

---

## Introduction to clicker 2 for dsPIC33

clicker 2 for dsPIC33 is a compact development kit with two mikroBUS™ sockets for click board™ connectivity. You can use it to quickly build your own gadgets with unique functionalities and features. It carries the **dsPIC33EP512MU810**, a 16-bit microcontroller, two indication LEDs, two general purpose buttons, a reset button, an ON/OFF switch, a li-polymer battery connector, a micro USB connector and two mikroBUS™ sockets. A mikroProg connector and a 2x26 pinout for interfacing with external electronics are also provided. The mikroBUS™ connector consists of two 1x8 female headers with SPI, I2C, UART, RST, PWM, Analog and Interrupt lines as well as 3.3V, 5V and GND power lines. clicker 2 for dsPIC33 board can be powered over a USB cable.



Page 4



## Desain dan Implementasi Kendali Umpan Balik Arus Berbasis Proporsional-Integral Digital pada Topologi Cuk Converter

Arifin Wibisono<sup>1</sup>, Slamet Riyadi<sup>2</sup>, Alvin Martanio<sup>3</sup>

[Submission: 04-10-2018, Accepted: 07-02-2019]

**Abstract**— DC-DC converters are required in industrial applications to convert a fixed DC voltage to a variable DC voltage. This article focuses on the choke converter topology which can operate in a buck-boost mode which is regulated through the duty cycle pulse width modulation setting and controlled by the dsPIC33EP512MU810 microcontroller by applying the Proportional-Integral (PI) digital closed-loop current control method. The use of the PI control method is considered to be able to increase the response time that occurs to produce more optimal performance. The frequency given by the signal generator is used as a reference signal to inject current into the inductor (L<sub>1</sub>). The current sensor module acts as a measuring instrument for the actual current whose value appears through the inductor circuit. The difference between the reference current value and the actual current value will produce an error value which will then be used as a reference for the comparison value of the current sensor results with the PI control method. Simulation results on PSIM, modeling analysis, device implementation, and hardware testing graphs in the laboratory have been carried out as proof of design parameters and the proposed method can work as intended.

**Intisari**— Konverter DC-DC diperlukan dalam aplikasi industri elektronika untuk mengubah tegangan DC tetap menjadi tegangan DC variabel. Artikel ini berfokus tentang topologi *cuk converter* yang dapat beroperasi dalam mode penurun dan penaik tegangan (*buck-boost*) yang diatur melalui pengaturan modulasi lebar pulsa *duty cycle* dan dikontrol oleh mikrokontroler dsPIC33EP512MU810 dengan menerapkan metode kendali arus *loop* tertutup *Proportional-Integral* (PI) digital. Penggunaan metode kendali PI dianggap mampu meningkatkan respon waktu yang terjadi sehingga menghasilkan performa yang lebih optimal. Frekuensi yang diberikan oleh generator sinyal dimanfaatkan sebagai sinyal referensi untuk menginjeksi arus pada induktor (L<sub>1</sub>). Modul sensor arus berperan sebagai alat ukur pada arus aktual yang nilainya muncul melalui rangkaian induktor. Selisih antara nilai arus referensi dan nilai arus aktual akan menghasilkan nilai *error* yang selanjutnya akan dijadikan sebagai acuan nilai perbandingan hasil sensor arus dengan metode kendali PI. Hasil simulasi pada PSIM, analisis pemodelan, implementasi perangkat dan grafik pengujian perangkat keras pada laboratorium telah dilakukan sebagai pembuktian parameter desain dan metode yang diusulkan dapat bekerja sesuai tujuan.

**Kata Kunci**— *cuk converter*, dsPIC33EP512MU810, kendali arus, PI digital, simulasi PSIM

### I. PENDAHULUAN

Menuju perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, konsep elektronika dan kendali elektronik sangat memegang

peranan penting dalam sistem tenaga listrik tegangan searah (DC). Kebutuhan tegangan DC yang luas disebabkan oleh setiap peralatan elektronik membutuhkan tegangan DC yang berbeda sehingga diperlukan suatu sistem yang mampu mengubah suatu tegangan DC ke nilai tegangan DC yang dapat divariasikan [1][2].

Banyak macam sumber tegangan DC dapat dikonversi oleh konverter DC yang lain. Konverter DC-DC dikelompokkan menjadi tiga pemodelan berdasarkan model keluaran yang dihasilkan, yaitu sebagai penaik tegangan (*boost chopper*), sebagai penurun tegangan (*buck chopper*), dan sebagai penaik-penurun tegangan (*buck-boost chopper*) [3]. Konverter topologi *cuk* beroperasi menjadi penurun tegangan atau penaik tegangan dari tegangan *input* [4][5] yang diperoleh dari proses pengaturan modulasi lebar pulsa *duty cycle*, sama seperti tipe *buck-boost*. Penambahan induktor dan kapasitor di sisi *input* dapat membuat topologi ini menghasilkan riak arus yang kecil dibandingkan dengan topologi *buck-boost* konvensional.

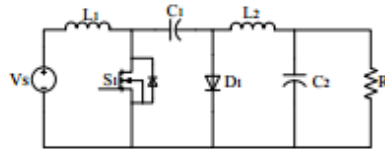
*Cuk converter* memiliki karakteristik yang baik dalam performa [6]. Efisiensi yang tinggi, tingkat kerugian switching yang rendah, dan riak arus keluaran yang lebih kecil membuat *cuk converter* lebih menarik dan populer [7]. *Cuk converter* dirancang untuk menggunakan tegangan input DC dari *power supply* dan pengaturan tegangan *output cuk converter* membutuhkan pengendalian yang sederhana dan dapat diterapkan pada sistem, salah satunya pengendalian PI [8]. Nilai arus referensi pada modul sensor *HX-10P/SP2* diberikan dengan berbagai macam sampel sebagai batas tolak ukur perbandingan nilai kinerja mana yang lebih optimal, sehingga memperoleh tujuan untuk menganalisa sinyal kendali arus induktor (L<sub>1</sub>) dengan tegangan *output* yang dihasilkan. Simulasi dilakukan menggunakan *software PSIM* untuk memverifikasi keseluruhan desain dan parameter sistem bekerja dengan baik sebelum masuk dalam tahap pengujian alat di laboratorium.

### II. METODE

#### A. Topologi Cuk Converter

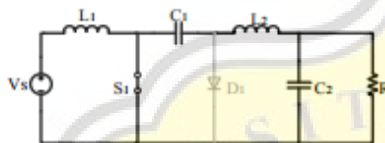
*Cuk converter* adalah jenis konverter DC yang dapat beroperasi sebagai penaik tegangan atau penurun tegangan dari tegangan masukan. Tegangan keluaran diatur oleh pensaklaran saklar statis yang diatur melalui modulasi lebar pulsa *duty cycle*. Rangkaian ekuivalen *cuk converter* disajikan pada Gambar 1.



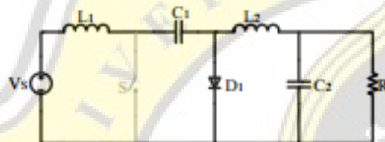


Gambar 1: Rangkaian ekuivalen *buck converter*.

*Buck converter* memiliki dua mode operasi pensaklaran [9]. Rangkaian ekuivalen kondisi saklar *ON state* ditunjukkan pada Gambar 2, dan rangkaian ekuivalen kondisi saklar *OFF state* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2: Rangkaian ekuivalen *buck converter* pada kondisi *ON state*.



Gambar 3: Rangkaian ekuivalen *buck converter* pada kondisi *OFF state*.

Saat saklar kondisi *ON*, tegangan input diumpungkan ke induktor  $L_1$  dan membangun medan magnet induktor untuk memberikan suplai tegangan pada beban, yang selanjutnya tegangan dari beban akan diterima oleh kapasitor  $C_1$  dalam bentuk tegangan siklus negatif. Dalam hal ini  $C_2$  akan mengalirkan arus ke  $L_2$  dan akhirnya ke beban. Saat saklar dalam kondisi *OFF*, induktor  $L_1$  mempertahankan arus yang mengalir dan membalikkan polaritas arus yang melalui  $C_1$ . Dioda ( $D_1$ ) akan berperan sebagai pembias sisa tegangan yang menuju ke beban yang dialirkan dari komponen  $L_1$  dan  $C_1$ .

Nilai *duty cycle* konverter dapat ditentukan dengan mengacu pada (1) berdasarkan operasi dasar. Siklus kerja saklar menunjukkan bahwa dengan mengontrol *duty cycle* maka saklar ( $S$ ) dapat menjadi pengontrol tegangan keluaran menjadi lebih tinggi atau lebih rendah [10][11] dari tegangan masukan ( $V_s$ ).

$$d = \frac{V_o}{V_s + V_o} \tag{1}$$

Ketika kondisi saklar dinyalakan dinotasikan sebagai ( $d$ ) dan saklar dimatikan dinotasikan sebagai ( $1-d$ ), sehingga dapat mengacu pada (2).

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{d}{(1-d)} \tag{2}$$

Persamaan (3)-(6) digunakan untuk mendapatkan penghitungan parameter desain.

$$L_1 = \frac{DV_s}{(\Delta I_{L_1})f_s} \tag{3}$$

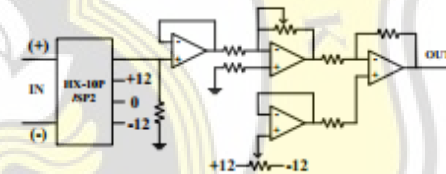
$$L_2 = \frac{(1-D)V_o}{(\Delta I_{L_2})f_s} \tag{4}$$

$$C_1 = \frac{D}{(Rf_s)\left(\frac{\Delta V_{C_1}}{V_o}\right)} \tag{5}$$

$$C_2 = \frac{(1-D)}{(8L_1f_s^2)\left(\frac{\Delta V_{C_2}}{V_o}\right)} \tag{6}$$

**B. Sensor Arus**

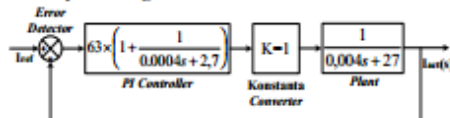
Pada prinsipnya nilai arus aktual yang melalui induktor akan diukur dan dibaca oleh sensor yang selanjutnya akan dikonversikan sehingga menjadi nilai tegangan yang optimal [12], dan sinyal yang telah dikonversi akan dibaca oleh *digital signal* pada mikrokontroler *dsPIC33EP512MU810*. Modul sensor arus *HX 10-PI/SP2* dilengkapi dengan rangkaian penguat *OP-AMP* dan mampu mendeteksi arus hingga 10A. Skema rangkaian *OP-AMP* sensor arus disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4: Skematik *OP-AMP* menggunakan sensor *HX-10P/SP2*

**C. Kendali Arus PI**

Perubahan tegangan masukan dan atau perubahan beban keluaran tampaknya tidak mungkin dilakukan tanpa suatu bentuk pengendalian. Kendali *PI* merupakan gabungan sistem kontrol antara kontrol *proportional* dan *integral*. Penggunaan kontrol *PI* dianggap mampu mengoptimalkan respon waktu yang terjadi. Sinyal kontrol *PI* digunakan sebagai umpan balik pada nilai arus keluaran dari konverter dengan memberikan *gain*. *Output* respon akan menghasilkan nilai yang sebanding dengan nilai *setting point* karena memiliki kemampuan *zero offset* [13]. Gambar 5 menunjukkan diagram blok dari kontroler *PI* secara umum.



Gambar 5: Diagram blok sistem kendali *proportional-integral*.

Nilai *error* diperoleh melalui hasil pengurangan nilai arus aktual dengan nilai arus referensi yang diberikan [14][15][16]. Setelah nilai *error* muncul, kontroler akan menghitung nilai *error* dengan nilai penguatan untuk menghasilkan sinyal kontrol [17][18][19].

$$G(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \int e(t) dt$$

$$G(s) = K_p \left[ 1 + \frac{1}{T_i s} \right] e(s)$$

$$G(s) = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (7)$$

Persamaan (7) merupakan persamaan kontroler PI. Dua parameter yang dibutuhkan dalam kontroler PI [20][21] yaitu  $K_p$ , untuk mendapatkan respon waktu transien yang optimal dan kestabilan yang bagus;  $K_i$ , untuk untuk mengurangi *steady-state error* [22][23].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi *PSIM* dan pengujian laboratorium telah dilakukan dengan parameter yang tersaji pada Tabel I.

TABEL I  
 PARAMETER *CUK CONVERTER*

Parameter	Nilai / Tipe
Tegangan sumber	12 Volt (DC)
Induktor $L_1$	4 mH
Induktor $L_2$	4mH
Kapasitor $C_1$	470 $\mu$ F
Kapasitor $C_2$	470 $\mu$ F
Beban <i>output</i>	27 $\Omega$
Dioda	MURS60
Saklar statis	IRFP460N

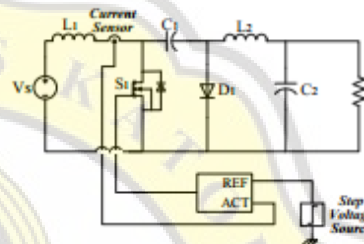
Parameter pengujian perangkat yang dilakukan sesuai pada Tabel I digunakan sebagai acuan pembuktian perangkat keras dapat memberikan hasil yang akurat dan optimal. Simulasi dan pengujian perangkat yang dilakukan dalam keadaan berbeban resistor sebesar 27  $\Omega$ . Nilai beban mempengaruhi hasil nilai tegangan pada sisi *output*.

Alvin Martanio: Desain dan Implementasi Kendali...

TABEL II  
 PARAMETER KENDALI PI

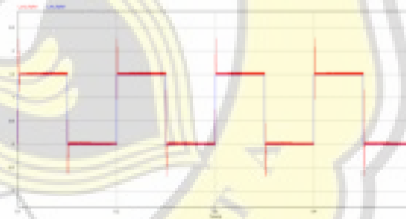
Parameter	Nilai
$K_p$	63
$K_i$	0.7
Frequency	10kHz

Penentuan parameter nilai  $K_p$  dan nilai  $K_i$  juga diperlukan untuk memastikan sistem kontrol dapat memberikan kinerja yang cukup baik, seperti yang disajikan pada Tabel II. Nilai  $K_p$  dan  $K_i$  diperoleh berdasarkan metode *trial-error*. Rangkaian simulasi kendali arus pada *cuk converter* dengan metode PI disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6: Rangkaian kendali arus dengan metode PI pada *PSIM*.

Hasil simulasi *PSIM* pada kendali arus yang ditunjukkan pada Gambar 6 dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem kendali dengan metode PI pada *cuk converter* dapat bekerja dengan baik.



Gambar 7: Sinyal aktual dan referensi pada percobaan *PSIM*.

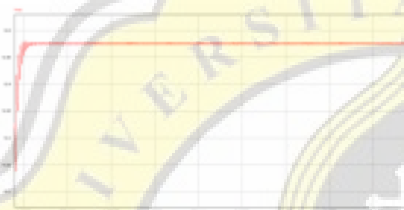
Hasil simulasi *PSIM* pada sinyal aktual dan sinyal referensi ditunjukkan pada Gambar 7. Sinyal aktual (merah) menunjukkan dapat melakukan *tracking* sinyal referensi (biru) yang diberikan sehingga dapat dibuktikan bahwa proses pensaklaran pada kontrol arus metode PI pada *cuk converter* dapat diterapkan.





Gambar 8: Tegangan output cuk converter dengan nilai referensi 0.5A pada PSIM

Hasil simulasi PSIM yang ditunjukkan pada Gambar 8 membuktikan dengan memberikan arus referensi sebesar 0.5 A dapat menghasilkan tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) 7.83 V dengan tegangan masukan ( $V_{in}$ ) sebesar 12 V sehingga terjadi proses buck.



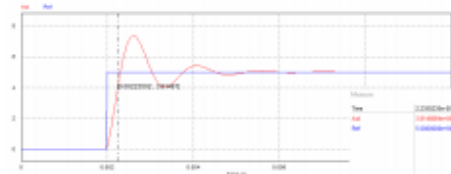
Gambar 9: Tegangan output cuk converter dengan nilai referensi 1.5A pada PSIM

Hasil simulasi PSIM yang ditunjukkan pada Gambar 9 membuktikan dengan memberikan arus referensi sebesar 1.5A dapat menghasilkan tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) 13.47 V dengan tegangan masukan ( $V_{in}$ ) sebesar 12 V sehingga terjadi proses boost.



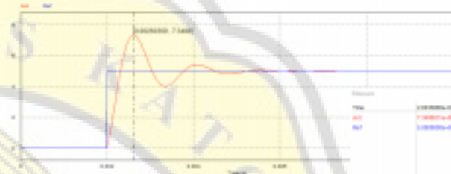
Gambar 10: Tegangan output cuk converter dengan nilai referensi 3A pada PSIM

Hasil simulasi PSIM yang ditunjukkan pada Gambar 10 membuktikan dengan memberikan arus referensi sebesar 3A dapat menghasilkan tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) 26.86 V dengan tegangan masukan ( $V_{in}$ ) sebesar 12 V sehingga terjadi proses boost.



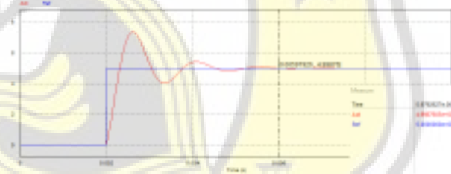
Gambar 11: Karakteristik respon rise-time pada kendali

Hasil simulasi PSIM yang ditunjukkan Gambar 11 merupakan hasil pengamatan respon kendali untuk karakteristik respon rise time. Waktu yang diperlukan oleh pengendali agar nilai aktual mencapai 90% dari nilai referensi adalah selama 2,23 ms.



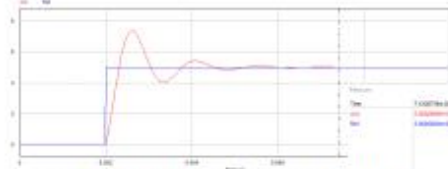
Gambar 12: Karakteristik respon over shoot pada kendali

Hasil simulasi PSIM yang ditunjukkan Gambar 12 merupakan hasil pengamatan respon kendali untuk karakteristik respon over shoot. Nilai puncak dari sinyal aktual dibandingkan dengan nilai saat kondisi steady state adalah sebesar 7,35 A (over shoot 2,35A dari sinyal aktual steady state sebesar 5A)



Gambar 13: Karakteristik respon settling time pada kendali

Hasil simulasi PSIM yang ditunjukkan Gambar 13 merupakan hasil pengamatan respon kendali untuk karakteristik respon settling time. Waktu yang diperlukan oleh pengendali agar nilai aktual mencapai nilai referensi untuk kondisi tunak (prosentase +/-2%) adalah 5,98 ms.



Gambar 14: Karakteristik respon *steady state error* pada kendali

Hasil simulasi *PSIM* yang ditunjukkan Gambar 14 merupakan hasil pengamatan respon kendali untuk karakteristik respon *steady state*. Diperoleh selisih antara nilai aktual dan referensi pada kondisi tunak adalah 0 A. Dari seluruh nilai parameter karakteristik kendali sistem yang telah didapatkan, kendali arus menggunakan metode PI pada *cut converter* telah berjalan dengan baik seperti yang diharapkan.



Gambar 15: Implementasi sistem kendali *digital proportional-integral cut converter*

Hasil implementasi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 15. *Power supply DC* digunakan sebagai tegangan masukan *cut converter* dan pensaklaran dikontrol oleh *digital signal* dari mikrokontroler *dsPIC33EP512MU810*. Sinyal *output* dari *cut converter* dideteksi oleh sensor arus *HX-10P/SP2* dan dikonversi menjadi hasil sinyal aktual. Pengaturan sinyal referensi variabel menggunakan perangkat modul generator sinyal.



Gambar 16: Hasil referensi dan aktual implementasi perangkat *cut converter* dengan metode PI

Alvin Martanio: Desain dan Implementasi Kendali...

Hasil implementasi pengujian sinyal aktual dan sinyal referensi ditunjukkan pada Gambar 16. Nilai sinyal referensi pada perangkat keras dihasilkan dari modul generator sinyal yang dapat diatur secara variabel dengan frekuensi 10Hz.



Gambar 17: Tegangan keluaran pada implementasi perangkat keras *cut converter* dengan metode PI referensi 0.5 A.

Hasil implementasi pengujian perangkat yang ditunjukkan pada Gambar 17 membuktikan dengan memberikan arus referensi 0.5 A dapat menghasilkan tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) 10.53 V dengan tegangan masukan ( $V_{in}$ ) 12 V sehingga terjadi proses *buck*.



Gambar 18: Tegangan keluaran pada implementasi perangkat keras *cut converter* dengan metode PI referensi 1.5 A.

Hasil implementasi pengujian perangkat yang ditunjukkan pada Gambar 18 membuktikan dengan memberikan arus referensi 1.5 A dapat menghasilkan tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) 13.50 V dengan tegangan masukan ( $V_{in}$ ) 12 V sehingga terjadi proses *boost*.





Gambar 19: Tegangan keluaran pada implementasi perangkat keras cak converter dengan metode PI referensi 3 A.

Hasil implementasi pengujian perangkat yang ditunjukkan pada Gambar 19 membuktikan dengan memberikan arus referensi 3 A dapat menghasilkan tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) 15.61 V dengan penggunaan tegangan masukan ( $V_{in}$ ) 12 V sehingga terjadi proses boost.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, disajikan Tabel III sebagai perbandingan hasil antara simulasi dan implementasi.

TABEL III  
PERBANDINGAN SIMULASI DAN IMPLEMENTASI CUK CONVERTER

Referensi Arus	Nilai Tegangan Keluaran ( $V_{out}$ )	
	Simulasi PSIM	Implementasi
0.5 A	7.83 V	10.53 V
1.5 A	13.47 V	13.50 V
3 A	26.86 V	15.61 V

Tabel III digunakan sebagai acuan perbandingan hasil antara simulasi dan implementasi pada sistem kendali PI digital menggunakan *cuk converter*. Hasil pengujian alat membuktikan nilai implementasi dapat mendekati nilai pengujian pada simulasi. Tegangan keluaran mengalami perbedaan karena diakibatkan oleh elemen *parasitic*.

#### IV. KESIMPULAN

*Cuk converter* dengan metode kendali arus *loop* tertutup PI memberikan hasil bahwa arus aktual dapat mengalami perubahan sesuai dengan arus referensi yang diinginkan. Implementasi metode kendali PI menggunakan *digital signal* oleh mikrokontroler *dsPIC* memberikan kemudahan dalam menentukan algoritma. Kendali PI dapat memberikan perubahan dalam respon waktu yang cukup cepat, hal ini terbukti pada grafik percobaan yang telah dilakukan. Oleh karena itu, parameter desain pada simulasi dapat tervalidasi oleh implementasi dan pengujian perangkat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh skema Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT) tahun 2022.

#### REFERENSI

- [1] Hermansyah, Soefibyo, and M. Ashari, "Simulasi Double Buck Boost Converter DC-DC Bidirectional Menggunakan PID Controller B-1 B-2," *Pros. SENTIA*, vol. 7, pp. 1-6, 2015.
- [2] S. A. Lopa, S. Hossain, M. K. Hasan, and T. K. Chakraborty, "Design and Simulation of DC-DC Converters Design and Simulation of DC-DC Converters," no. January, 2016.
- [3] P. S. Nasional *et al.*, "DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI DIGITAL HISTERESIS PADA TOPOLOGI SEPIC BUCK-BOOST KONVERTER," pp. 1-10, 2021.
- [4] A. Musyafa, I. R. Gustawan, M. K. Ayy, A. Rahmadiansyah, and R. D. Noriyati, "Development of Power Electronics Buck Boost Converter, Based PI-PID Control On Horizontal Wind Turbine Generation, For Low Rate Wind speed," *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 11, no. August, pp. 79-87, 2017.
- [5] P. Manisankar, N. S. Kumar, N. V. Bharathi, and G. Balasubramanian, "Design and Implementation of CUK Converter," vol. 2, pp. 43-46, 2017.
- [6] B. K. Kushwaha and A. Narain, "Controller design for Cuk converter using model order reduction," *ICPCES 2012 - 2012 2nd Int. Conf. Power, Control Embed. Syst.*, vol. 2, pp. 0-4, 2012.
- [7] Abdelhakim Belkaid, Ilhami Colak, Korhan Kayisli, and Ramazan Bayindir, "Design and Implementation of a Cuk Converter Controlled by a Direct Duty Cycle INC-MPPT in PV Battery System | Belkaid | International Journal of Smart Grid - iJSmartGrid," *Int. J. Smart Grid*, vol. 3, no. 1, pp. 19-25, 2019.
- [8] A. Jayadi, T. Susanto, and F. D. Adhinata, "Sistem Kendali Proporsional pada Robot Penghindar Halangan (Avoider) Pioneer 3-DX," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 1, p. 47, 2021.
- [9] H. N. Shoumi, I. Sudiharto, and E. Sunarno, "Design of the CUK converter with PI controller for battery charging," *Proc. - 2020 Int. Semin. Appl. Technol. Inf. Commun. IT Challenges Sustain. Scalability, Secur. Age Digit. Disruption, iSmanotic 2020*, pp. 403-407, 2020.
- [10] M. Baidirici and A. Karaarslan, "Analysis of Cuk Converter Using PI and Occ Control Method," vol. 2, no. September, pp. 1-5, 2017.
- [11] C. Rachman and F. N. Budiman, "Rancang Bangun Konverter Buck Boost dengan Sistem Monitoring Berbasis Labview," 2018.
- [12] M. I. Pradana, M. Agus, and I. Setiawan, "Menggunakan Dspic30F4011 Dengan Metode Kontrol Proporsional Integral," *Dep. Tek. Elektro*, vol. 7, 2018.
- [13] I. Ferdiansyah, Irianto, and E. Sunarno, "Penerapan Kontrol PI Pada Alat Pengaduk dan Pengukus Adonan Padak untuk Meningkatkan Hasil Produksi Industri Rumah Tangga di Gresik," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 2, no. 8, pp. 134-143, 2020.
- [14] C. Buku Asli, *KONTROL PID UNTUK PROSES INDUSTRI Beragam Struktur dan Metode Tuning PID praktis* (Iwan Setiawan). 2008.
- [15] F. A. Sandjojo and I. Setiawan, "Menggunakan Dspic30F4011 Dengan Metode Kontrol Hysteresis."
- [16] M. N. Riandana, I. N. Budiantra, and C. G. I. Partha, "Aplikasi Sensor Cahaya Sebagai Sensor Garis Pada Robot Berbasis Kontrol PID Dengan Pengaturan Kepekaan Cahaya Otomatis," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 3, p. 56, 2017.
- [17] E. W. Saputra, H. Herawan, and I. Setiawan, "Sistem Kontrol Injeksi Arus pada Inverter Berbasis Metode Proporsional Integral," *Teknik*, vol. 41, no. 2, pp. 186-191, 2020.
- [18] F. Arifin, "PID Controller," *Electronics Project Focus*, no. Mv, pp. 1-9, 2019.
- [19] L. Wang, "Chapter 1 Basics of PID Control," no. March, 2020.
- [20] A. Karaarslan, "The Implementation of One Cycle Control Method To Inverting Buck-Boost Converter," no. June, 2018.
- [21] P. V. G. K. Rao, M. V. Subramanyam, and K. Satyaprasad, "Study on PID controller design and performance based on tuning techniques," *2014 Int. Conf. Control, Instrumentation, Commun. Comput. Technol. ICCICCT 2014*, pp. 1411-1417, 2014.
- [22] A. Ahmady, "Pengembangan Algoritma Sistem Kendali Cerdas dengan Metode Adaptive Fuzzy untuk Inverted Pendulum," pp. 1-15.
- [23] A. Laksana, I. Setiawan, and Sumardi, "BALANCING ROBOT BERODA DUA MENGGUNAKAN METODE KENDALI



PAPER NAME

**16.F1.0017\_Alvin Martanio**

AUTHOR

**Alvin Martanio**

WORD COUNT

**5333 Words**

CHARACTER COUNT

**34029 Characters**

PAGE COUNT

**43 Pages**

FILE SIZE

**2.8MB**

SUBMISSION DATE

**Jun 30, 2022 12:16 PM GMT+7**

REPORT DATE

**Jun 30, 2022 12:17 PM GMT+7**

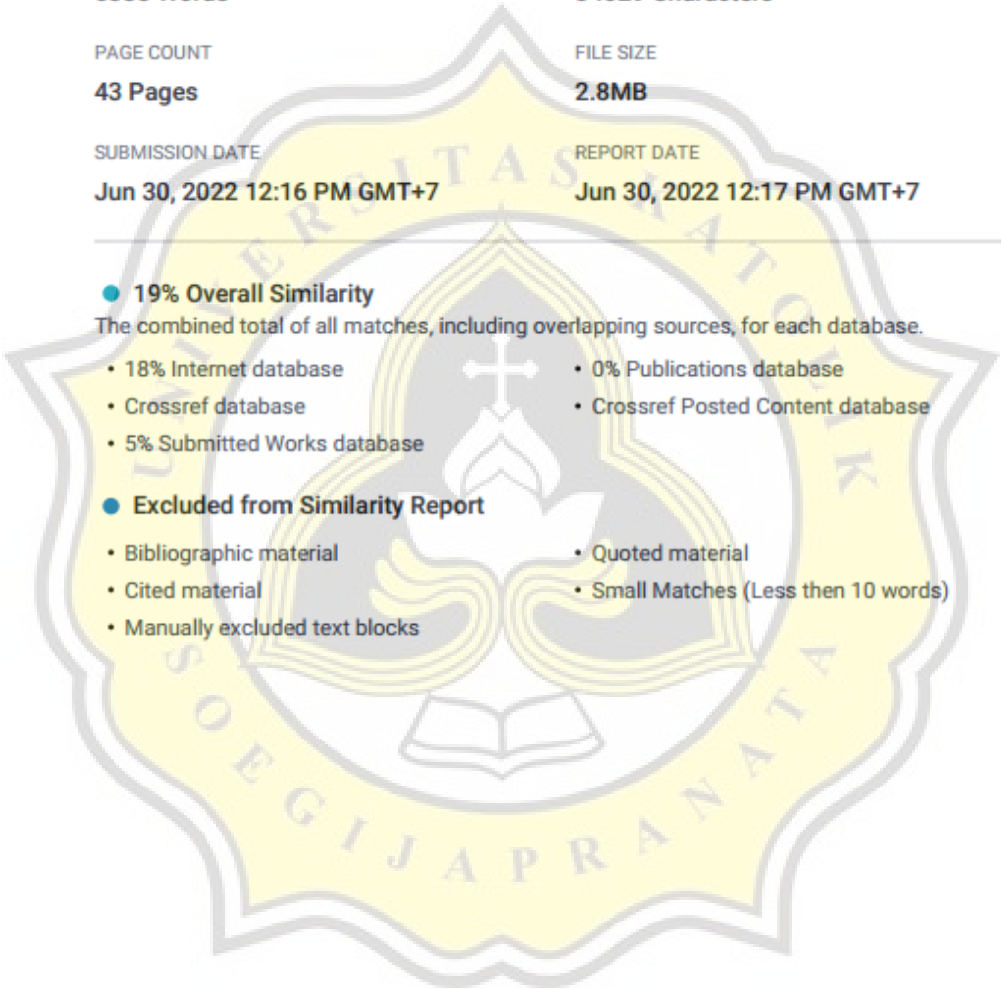
● **19% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 18% Internet database
- Crossref database
- 5% Submitted Works database
- 0% Publications database
- Crossref Posted Content database

● **Excluded from Similarity Report**

- Bibliographic material
- Cited material
- Manually excluded text blocks
- Quoted material
- Small Matches (Less than 10 words)



Summary

