

DESAIN DAN IMPLEMENTASI
KENDALI DIGITAL *PROPORTIONAL-INTEGRAL*
PADA TOPOLOGI *CUK CONVERTER*

LAPORAN TUGAS AKHIR



Oleh :

Alvin Martanio

16.F1.0017

TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA

SEMARANG

2022

PERNYATAAN
KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Memperhatikan Surat Keputusan Rektor Universitas Katolik Soegijapranata Nomor.0047/SK.Rek/X/2013 tanggal 07 Oktober 2013, tentang Pernyataan Laporan Tugas Akhir, maka bersama ini Laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul "*DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI DIGITAL PROPORTIONAL INTEGRAL PADA TOPOLOGI CUK CONVERTER*", tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Tugas Akhir ini sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi, maka saya rela untuk dibatalkan, dengan segala akibat hukumnya sesuai peraturan yang berlaku pada Universitas Katolik Soegijapranata dan / atau peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 14 Juli 2022

Yang menyatakan,



ALVIN MARTANIO

NIM. 16.F1.0017

HALAMAN PENGESAHAN



Judul Tugas Akhir: : DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI DIGITAL PROPORTIONAL
INTEGRAL PADA TOPOLOGI CUK CONVERTER

Diajukan oleh : Alvin Martanio

NIM : 16.F1.0017

Tanggal disetujui : 13 Juli 2022

Telah setuju oleh

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Penguji 1 : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Penguji 2 : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Penguji 3 : Arifin Wibisono S.T., M.T.

Ketua Program Studi : Dr. Leonardus Heru Pratomo S.T., M.T.

Dekan : Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi M.T.

Halaman ini merupakan halaman yang sah dan dapat diverifikasi melalui alamat di bawah ini.

sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=16.F1.0017

HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alvin Martanio
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Jurnal Ilmiah

Setuju untuk memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah yang berjudul **“DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI DIGITAL PROPORTIONAL INTEGRAL PADA TOPOLOGI CUK CONVERTER”** pada Majalah Ilmiah Teknologi Elektro (MITE) yang diselenggarakan oleh Universitas Udayana. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata berhak menyimpan, mengalihkan media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir ini selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 14 Juli 2022

Yang menyatakan



Alvin Martanio

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karuniaNya sehingga penulis dapat melakukan serta menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul “DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI DIGITAL *PROPORTIONAL-INTEGRAL* PADA TOPOLOGI *CUK CONVERTER*” ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum starta-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta penulisan laporan Tugas Akhir tidak terlepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan yang diberikan, baik bantuan secara langsung maupun bantuan yang secara tidak langsung. Secara khusus rasa ucapan terimakasih saya berikan kepada :

1. Tuhan YME yang senantiasa memberikan karunia-Nya, serta kekuatan dan cinta dalam proses pelaksanaan Tugas Akhir dan penyusunan laporan akhir.
2. Orang tua dan saudara yang telah mendoakan dan semangat dukungan selama perkuliahan.
3. Prof. Dr. Ign. Slamet Riyadi, M. T., Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah bersedia membimbing dengan sabar dalam pelaksanaan Tugas Akhir hingga tuntas.
4. Dr. Leonardus Heru Pratomo, M. T., Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ijin dan menyediakan fasilitas penggunaan laboratorium yang digunakan sebagai penunjang pelaksanaan Tugas Akhir.

5. Dr. Florentinus Budi Setiawan, MT., IPM. Selaku dosen Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan ilmu, semangat dan memberikan dukungan kepada penulis.
6. Arifin Wibisono, ST. Selaku dosen Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan ilmu, semangat dan memberikan dukungan kepada penulis.
7. Fransiska Tri Retno selaku Tata Usaha Teknik Elektro yang telah membantu dalam mengurus administrasi dan informasi saat masa perkuliahan.
8. Seluruh Karyawan Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata.
9. Ayah dan Ibu yang senantiasa mendoakan serta mendukung dalam pelaksanaan kerja praktek hingga penyelesaian laporan kerja praktek.
10. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2016 yang telah menjadi teman seperjuangan dalam perkuliahan.
11. Teman-teman alumni dan adik tingkat yang selalu mendukung dan mendoakan
12. Seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir beserta laporan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

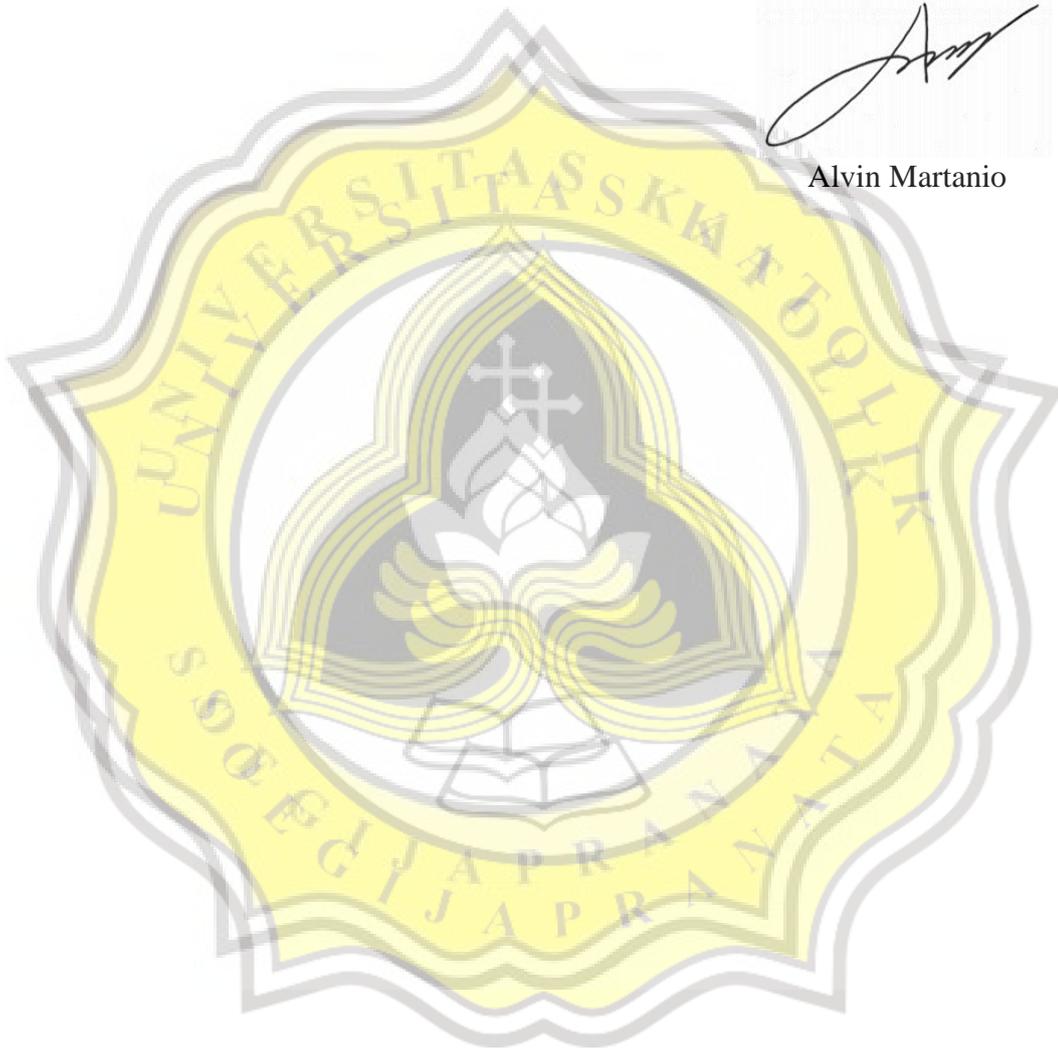
Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih kurang sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak sebagai penunjang perbaikan serta kemajuan. Penulis juga mohon maaf apabila terdapat kata-kata yang kurang berkenan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini.

Besar harapan penulis semoga laporan Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi bagi kemajuan teknologi energi terbarukan di Indonesia.

Semarang, 18 Juli 2022



Alvin Martanio



ABSTRAK

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_1). Modul sensor arus berperan sebagai alat deteksi 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*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II	7
LANDASAN TEORI	7
2.1 Pendahuluan	7
2.2 Cuk Converter	7

2.3	<i>Pulse Width Modulation</i>	10
2.4	Kendali Arus <i>Proportional-Integral (PI)</i>	11
2.5	Komponen Pendukung	13
2.5.1	<i>Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)</i>	13
2.5.2	Sensor Arus	14
2.5.3	<i>Ultra Fast Diode</i>	14
2.5.4	<i>Digital Signal Controller</i>	15
2.5.5	<i>Optocoupler</i>	16
2.5.6	Catu Daya	16
2.5.7	<i>Automatic Frequency Generator (AFG)</i>	17
BAB III		19
DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI DIGITAL		
PROPORTIONAL-INTEGRAL PADA TOPOLOGI CUK		
CONVERTER		19
3.1	Pendahuluan	19
3.2	Rangkaian <i>Cuk Converter</i>	19
3.3	Blok Kendali <i>dsPIC33EP512MU810</i>	20
3.4	Kendali Arus <i>PI</i> pada <i>Cuk Converter</i>	21
3.5	Rangkaian <i>Driver Optocoupler</i>	22
3.6	Rangkaian Sensor Arus	23
3.7	Rangkaian Catu Daya	24
3.8	Simulasi Perangkat Lunak <i>PSIM</i>	25
BAB IV		26

HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Pendahuluan	26
4.2 Hasil Simulasi	26
4.2.1 Pengujian Aktual dan Referensi pada Simulasi	28
4.2.2 Hasil Tegangan Keluaran pada Simulasi	29
4.3 Hasil Pengujian Perangkat Keras	34
4.3.1 Pengujian Aktual dan Referensi pada Perangkat Keras	35
4.3.2 Hasil Tegangan Keluaran pada Perangkat Keras	37
4.4 Pembahasan	40
BAB V	43
PENUTUP	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar-2.1 Rangkaian ekivalen <i>cuk converter</i>	8
Gambar-2.2 Rangkaian ekivalen <i>cuk converter</i> pada kondisi <i>ON state</i>	8
Gambar-2.3 Rangkaian ekivalen <i>cuk converter</i> pada kondisi <i>OFF state</i>	8
Gambar-2.4 <i>Duty cycle</i> pada <i>PWM</i>	11
Gambar-2.5 Diagram blok sistem kendali <i>proportional-integral</i>	12
Gambar-2.6 Konfigurasi gerbang <i>MOSFET N channel</i>	13
Gambar-2.7 Bentuk fisik sensor arus	14
Gambar-2.8 Konfigurasi kaki pada <i>ultra fast diode</i>	14
Gambar-2.9 Bentuk fisik <i>ultra fast diode</i>	15
Gambar-2.10 Konfigurasi pin pada <i>digital signal controller</i>	15
Gambar-2.11 Konfigurasi pin <i>optocoupler</i>	16
Gambar-2.12 Rangkaian catu daya	17
Gambar-2.13 Rangkaian <i>voltage regulator</i> pada catu daya	17
Gambar-2.14 Bentuk fisik <i>voltage regulator</i>	17
Gambar-2.15 Bentuk fisik AFG pada laboratorium	18
Gambar-3.1 Rancangan rangkaian <i>cuk converter</i>	20
Gambar-3.2 Skematik sambungan <i>dsPIC33EP512MU810</i>	20
Gambar-3.3 Blok diagram kendali <i>proportional-integral</i> pada <i>cuk converter</i>	22
Gambar-3.4 Skema rangkaian <i>driver TLP250</i>	23
Gambar-3.5 Skema rangkaian <i>OP-AMP</i> dengan sensor arus <i>HX10-P/SP2</i>	23
Gambar-3.6 Rangkaian catu daya linier	24

Gambar-3.7 Rangkaian catu daya simetris	24
Gambar-3.8 Rangkaian skematik pada perangkat lunak <i>PSIM</i>	25
Gambar-4.1 Rangkaian simulasi kendali arus <i>PI</i> pada <i>cuk converter</i>	27
Gambar-4.2 Sinyal aktual dan referensi sinyal kotak pada simulasi <i>PSIM</i>	28
Gambar-4.3 Sinyal aktual dan referensi sinyal sinus pada simulasi <i>PSIM</i>	28
Gambar-4.4 Sinyal aktual dan referensi sinyal segitiga pada simulasi <i>PSIM</i>	29
Gambar-4.5 Simulasi sinyal (a) arus (b) <i>PWM</i> saat referensi 0.5 A	29
Gambar-4.6 Tegangan <i>output cuk converter</i> dengan nilai referensi 0.5 A pada <i>PSIM</i>	30
Gambar-4.7 Simulasi sinyal (a) arus (b) <i>PWM</i> saat referensi 1.5 A	30
Gambar-4.8 Tegangan <i>output cuk converter</i> dengan nilai referensi 1.5 A pada <i>PSIM</i>	31
Gambar-4.9 Simulasi sinyal (a) arus (b) <i>PWM</i> saat referensi 3 A	31
Gambar-4.10 Tegangan <i>output cuk converter</i> dengan nilai referensi 3 A pada <i>PSIM</i>	32
Gambar-4.11 Karakteristik respon <i>rise-time</i> pada kendali	32
Gambar-4.12 Karakteristik respon <i>over shoot</i> pada kendali	33
Gambar-4.13 Karakteristik respon <i>settling time</i> pada kendali	33
Gambar-4.14 Karakteristik respon <i>steady state</i> pada kendali	34
Gambar-4.15 Implementasi kendali <i>digital proportional-integral cuk</i> <i>converter</i>	35
Gambar-4.16 Referensi dan aktual sinyal kotak implementasi <i>cuk converter</i>	36
Gambar-4.17 Referensi dan aktual sinyal segitiga implementasi <i>cuk converter</i>	36

Gambar-4.18 Referensi dan aktual sinyal sinus implementasi <i>cuk converter</i>	37
Gambar-4.19 Pengujian perangkat keras (a) arus (b) <i>PWM</i> pada referensi 0.5 A	37
Gambar-4.20 Pengujian perangkat keras (a) tegangan masukan (b) tegangan keluaran pada referensi 0.5 A	38
Gambar-4.21 Pengujian perangkat keras (a) arus (b) <i>PWM</i> pada referensi 1.5 A	38
Gambar-4.22 Pengujian perangkat keras (a) tegangan masukan (b) tegangan keluaran pada referensi 1.5 A	39
Gambar-4.23 Pengujian perangkat keras (a) arus (b) <i>PWM</i> pada referensi 3 A	39
Gambar-4.24 Pengujian perangkat keras (a) tegangan masukan (b) tegangan keluaran pada referensi 3 A	40

DAFTAR TABEL

Tabel-4.1 Parameter Desain *Cuk Converter*

27

