

Pengembangan Konverter CUK untuk Praktikum Elektronika Daya

Liyana Fatrina¹, Krismadinata^{1*}, Junaidi Akbar¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*e-mail: krisma@ft.unp.ac.id

(Diajukan: 23 Oktober 2021, direvisi: 01 November 2021, disetujui: 03 November 2021)

Abstrak

Mata kuliah elektronika daya terdiri dari mata kuliah teori dan praktikum. Praktikum sendiri mengajarkan mahasiswa agar memperoleh pengalaman-pengalaman yang nyata untuk membuktikan teori-teori yang telah diberikan pada mata kuliah teori. Pada mata kuliah praktikum, *training kit* dan *job sheet* digunakan sebagai media agar pembelajaran dapat tersampaikan secara maksimal. Dengan belum tersedianya *training kit* dan *jobsheet* sub materi konverter CUK pada mata kuliah ini menjadikan mahasiswa kurang memahami konsep dari materi yang diberikan. Keberadaan *training kit* serta *jobsheet* sangat diperlukan agar dapat meningkatkan kompetensi mahasiswa serta dapat membantu dosen dalam proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan serta melakukan pengujian pada konverter CUK dalam bentuk *training kit* dan *jobsheet* yang dapat dimanfaatkan sebagai media pada praktikum elektronika daya. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana kajian teori konverter CUK dirancang, dibuat dan melakukan pengujian. Dari hasil pengujian *training kit*, dimana persentase kesalahan pengujian dan perhitungan <20% didapatkan percobaan untuk praktikum dengan variasi dutty 10%-40%. Hasil validasi *trainig kit* dan *jobsheet* dikategorikan valid dengan nilai perentase 94%, atau 0,94 sedangkan hasil validasi *jobsheet* dikategorikan valid dengan nilai persentase 92% atau 0,92.

Kata Kunci: konverter CUK, eksperimen, *training kit*, *job sheet*.

Abstract

Power electronics courses consist of theoretical and practical courses. The practicum itself teaches students to get real experiences to prove the theories that have been given in theory courses. In practicum courses, training kits and jobsheets are used as media so that learning can be delivered optimally. With the unavailability of training kits and jobsheets for CUK converter sub materials in this course, students do not understand the concept of the material given. The existence of training kits and jobsheets is very necessary in order to improve student competence and can help lecturers in the learning process. This study aims to produce and conduct tests on the CUK converter in the form of training kits and jobsheet that can be used as media in power electronics practicum. This research uses an experimental method where the converter theory study is designed, made and tested. From the results of the training kits test where the percentage of test and calculation errors <20%, it was obtained experiments for practicums with 10%-40% dutty variations. The results of the training kit and jobsheet validation are categorized as valid with a percentage value of 94%, or 0.94, while the results of the jobsheet validation are categorized as valid with a percentage value of 92% or 0.92.

Keywords: CUK converter, experiment, *Training Kit*, *Job sheet*.

PENDAHULUAN

Elektronika daya adalah salah satu mata kuliah yang wajib diikuti oleh mahasiswa teknik elektro dan perlu dikuasai oleh setiap lulusan dengan bidang keahlian teknik elektro. Dimana mata kuliah ini mengajarkan dan mendidik mahasiswa untuk dapat memahami konsep teoritis, praktis dan aplikasi berhubungan dengan penggunaan komponen-komponen elektronika daya, untuk merubah daya listrik dan pengendalian daya yang besar [1][2]. Mata kuliah elektronika daya terdiri dari mata kuliah teori dan mata kuliah praktikum. Praktikum merupakan jenis pembelajaran yang dilaksanakan untuk memperdalam pengetahuan dengan memberikan pengalaman yang nyata untuk membuktikan teori-teori yang diberikan[3].

Perkembangan ilmu dan teknologi saat ini ikut serta dalam mempengaruhi perkembangan teknologi elektronika daya. Seiring dengan hal tersebut, dunia industri menjalin kerjasama dengan perguruan tinggi penyelenggara pendidikan vokasi[4]. Dimana pendidikan vokasi ini menitikberatkan pembelajaran pada kegiatan praktikum dengan pembagian 70% praktik dan 30% teori[5]. Karena sangat erat kaitannya dengan dunia industri, maka praktikum berperan penting dalam mempersiapkan lulusan untuk beradaptasi dengan bidang industri [6].

Pada praktikum elektronika daya di labor renewable energy, masih terdapat beberapa kendala saat proses praktikum langsung, dimana pembelajaran pada materi konverter CUK masih menggunakan sistem analog pada rangkaian PWM. Sistem ini masih rumit serta range dalam pengontrolannya terbatas, sehingga cenderung mahasiswa akan lebih fokus terhadap rangkaian PWM dari pada konsep dari materi yang diajarkan. Saat praktikum materi konverter CUK mahasiswa menggunakan breadboard dan menyiapkan alat yang diperlukan satu-persatu seperti resistor, kapasitor, dan lainnya untuk melakukan sebuah percobaan praktikum. Ini menyulitkan ketika harus mengganti nilai tegangan yang berbeda, mahasiswa harus bongkar pasang komponen. Dengan tidak adanya peralatan khusus tentu saja menyulitkan pendidik dalam menangani dan mengawasi kegiatan praktikum. Setiap kali praktikum pendidik harus mondar-mandir melihat hasil rangkaian yang dibuat mahasiswa, apakah sudah benar atau belum[7]. Berdasarkan fakta diatas keberadaan alat khusus pada materi konverter CUK sangat diperlukan, alat yang dimaksud berupa training kit yang dapat memudahkan mahasiswa dalam praktikum serta mengikuti perkembangan elektronika daya di industri. Maka dapat disimpulkan untuk mengatasi kendala-kendala tersebut diperlukan pengembangan konverter CUK untuk praktikum elektronika daya.

Beberapa penelitian sebelumnya terkait konverter CUK, yang pertama tujuan penelitian sebelumnya yaitu untuk mengamati tegangan keluaran konverter CUK berdasarkan pengaturan nilai *duty cycle* yang diberikan yaitu antara 10% sampai 65%. Dimana power supply yang diberikan yaitu sebesar 10 VDC, dengan variasi beban 47 Ω , 120 Ω dan 560 Ω . Didapatkan nilai tegangan keluaran minimal yang dihasilkan konverter CUK yaitu -1,1 volt sedangkan nilai tegangan keluaran maksimal adalah -17,12 volt [8]. Pada penelitian ini menghasilkan 2 rangkaian perangkat keras yaitu rangkaian kendali PWM dan rangkaian utama konverter CUK yang akan digunakan sebagai catu daya DC. Perbedaan dengan penelitian yang dilakukan adalah terdapat pada nilai tegangan dan frekuensi yang diberikan serta hasil dari penelitian. Penelitian yang

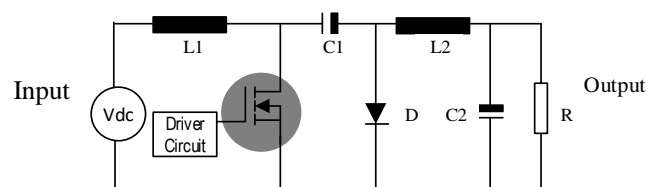
akan dilakukan menghasilkan 1 perangkat keras yaitu training kit konverter CUK yang mana didalamnya sudah terdapat rangkaian PWN dan rangkaian utama dari konverter CUK.

Penelitian lainnya membahas mengenai pemacu PWM menggunakan mikrokontroller ATmega 8535 dan menganalisis kinerja dari rangkaian buckboost dan CUK dengan beban (resistive) lampu pijar dan (induktif) motor DC[9]. Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan terdapat pada pengendali yang digunakan, dimana peneliti sebelumnya menggunakan mikrokontroller ATmega8535 sedangkan penelitian yang akan dilakukan menggunakan pengendali mikrokontroller arduino uno, serta pemacu PWM dalam penelitian yang akan dilakukan menggunakan *gate driver*.

Selain beberapa hal diatas konverter CUK yang akan dibuat pada penelitian yang akan dilakukan berupa training kit untuk praktikum elektronika daya dengan sistim digital, dilengkapi interface LCD 16x2 yang nantinya akan menampilkan frekuensi dan dutty cycle. Hal ini dapat menghemat waktu .Training kit yang dihasilkan juga dilengkapi dengan jobsheet untuk menunjang dan memudahkan mahasiswa dalam pemahaman konsep konverter CUK. Job sheet sendiri berisi seperangkat kegiatan dasar yang harus diselesaikan oleh mahasiswa[10].

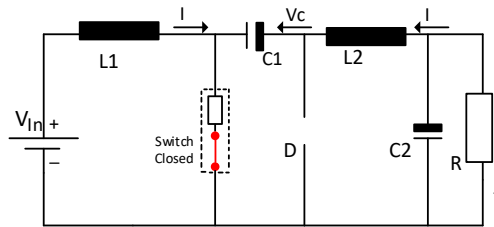
Konverter CUK

Topologi konverter CUK lebih efisien dari pada topologi Buck, Boost dan Buck-Boost konverter ataupun *fly-back*. Konverter CUK pertama kali ditemukan dan dikemukakan landasan teori oleh Slobodan [11]. Besarnya tegangan keluaran pada konverter ini dapat lebih tinggi atau lebih rendah tergantung pada siklus tugas dan membalikan polaritas keluaran[12]. Rangkaian konverter CUK terdiri dari sumber tegangan arus searah atau direct current (DC), induktor pada sisi input (L1), kapasitor pentransfer tegangan (C1), pensaklaran atau *switch*, dioda, induktor pada sisi output (L2), kapasitor filter (C2) dan beban (resistif)[13]. Induktor pada input bekerja sebagai filter pada suplai DC untuk mencegah harmonisa. Konverter CUK bergantung kepada kapasitor dalam transfer energi dari input ke output. Kelebihan dari converter ini adalah arus kontinyu pada sisi input dan outputnya. Rangkaian konverter CUK dapat dilihat pada gambar 1.

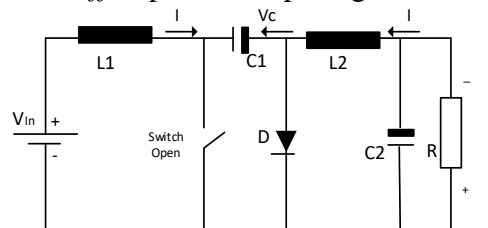


Gambar 1. Konverter CUK

Pada keadaan *on*, *switch* tertutup sehingga dilewati arus, dioda tidak bekerja, dan kapasitor C1 *discharge* oleh arus dari induktor L2. Rangkaian konverter CUK ketika *on* dapat dilihat pada gambar 2.

Gambar 2. Rangkaian Konverter CUK ketika *on*

Ketika *off*, *switch* terbuka sehingga dioda mengalirkan arus dari induktor L1 dan L2. Pada keadaan *switch off* pula kapasitor C1 diisi oleh arus dari induktor L2. Rangkaian Konverter CUK ketika *off* dapat dilihat pada gambar 3.

Gambar 3. Rangkaian Konverter CUK ketika *off*

Persamaan yang digunakan untuk merancang konverter CUK sebagai berikut:

$$V_{out} = V_{in} \frac{D}{(1-D)} \quad (1)$$

Untuk perhitungan nilai arus keluaran dapat dilihat pada persamaan 2:

$$I_{Out} = \frac{V_{Out}}{R} \quad (2)$$

Untuk menghitung nilai induktansi digunakan rumu pada persamaan 3 dan 4:

$$\Delta I_{L1} = \frac{V_{C1} - V_{in}}{L1} (1-D) T_s \quad (3)$$

$$\Delta I_{L1} = \frac{V_{out}}{L1} (1-D) T_s \quad (4)$$

Untuk mencari nilai kapasitor digunakan persamaan 5 dan 6:

$$\frac{\Delta V_{C1}}{V_{C1}} = \frac{1}{C} \times I_{L1} (1-D) T_s \quad (5)$$

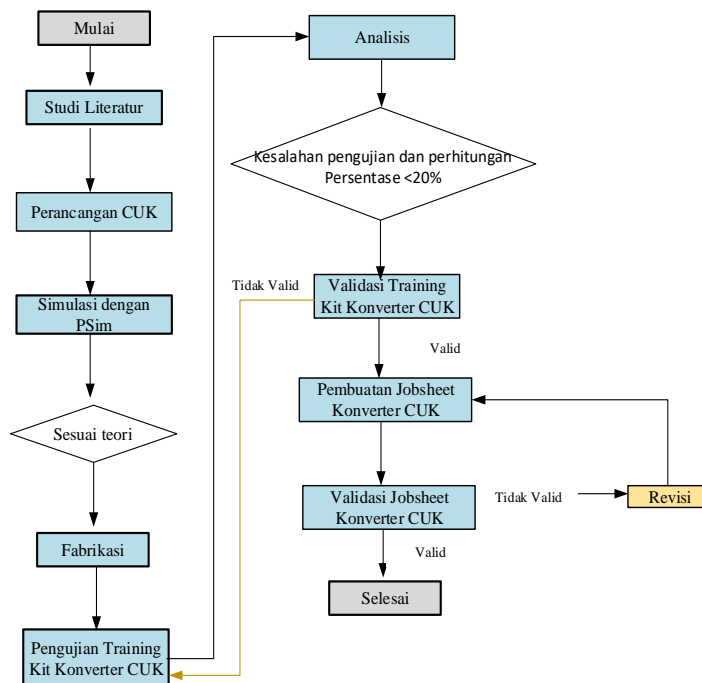
$$\frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RC_2 F_s} \quad (6)$$

Untuk efisiensi dari Konverter CUK dapat dilihat pada persamaan 7:

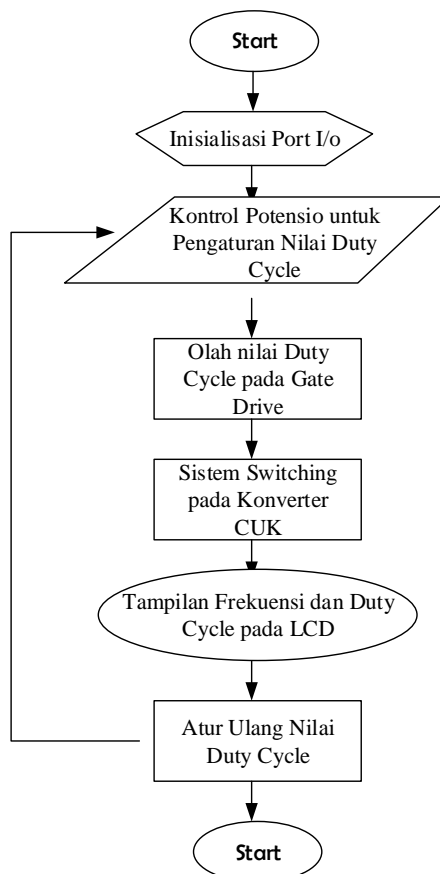
$$\eta(\%) : \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

METODE

Penelitian ini termasuk kedalam penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen. Metode eksperimen dilakukan dengan merancang dan melakukan pengujian alat di labor renewable energy. Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan[14]. Untuk dapat dimanfaatkan sebagai alat praktikum media yang dihasilkan akan uji kelayakan dengan melakukan validasi oleh 4 validator. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 4 dan untuk flowchart alat dapat dilihat pada gambar 5.



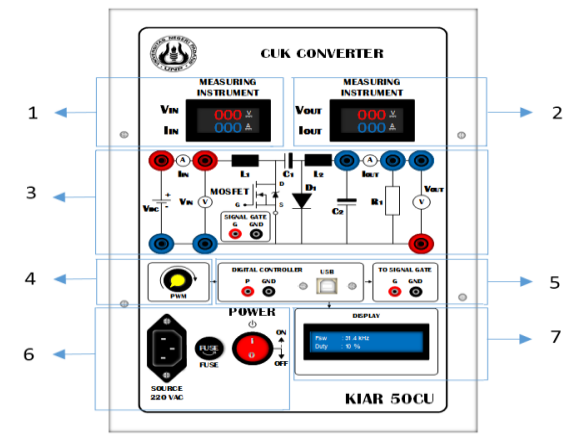
Gambar 4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Flowchart Kerja Alat

Perancangan CUK

Tahapan ini merupakan tahap untuk menentukan nilai rangkaian penyusunan yang sesuai teori serta mendesain alat CUK yang sesuai untuk praktikum. Desain training kit konverter CUK dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Desain Training Kit Konverter CUK

Keterangan Gambar:

1. LCD , berfungsi untuk menampilkan nilai dari alat ukur tegangan dan arus input
2. LCD, berfungsi untuk menampilkan nilai dari alat ukur tegangan dan arus output
3. Rangkaian power daya Konverter CUK
4. Potensio PWM, Berfungsi untuk merubah nilai dari PWM
5. Digital Controller, Sebagai pengendali sistem
6. To Signal Gate, Sebagai sinyal out put gate driver
7. Power, Sebagai penghubung ke power supply 220 VAc
8. LCD Display, Untuk menampilkan nilai frekuensi dan duty cycle

Spesifikasi komponen untuk training kit dapat dilihat pada tabel 1.

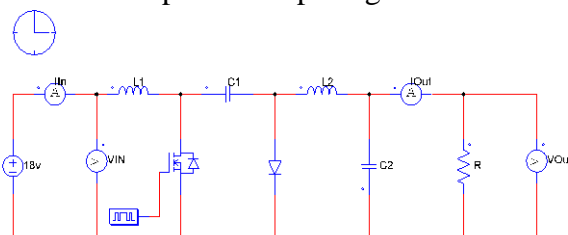
Tabel 1. Parameter Konverter CUK

Parameter	Nilai
Tegangan Masukan (V_{in})	0-18,62 V
Frekuensi (F)	31,4 KHz
Siklus (%)	10-40%
Tahanan (R)	100 Ω
Mosfet	IRFP 460
Dioda	MUR 460
Induktor (L1 & L2)	2,5 mH dan 2,86 mH
Capasitor (C1 &C2)	100/250V

HASIL DAN PEMBAHASAN

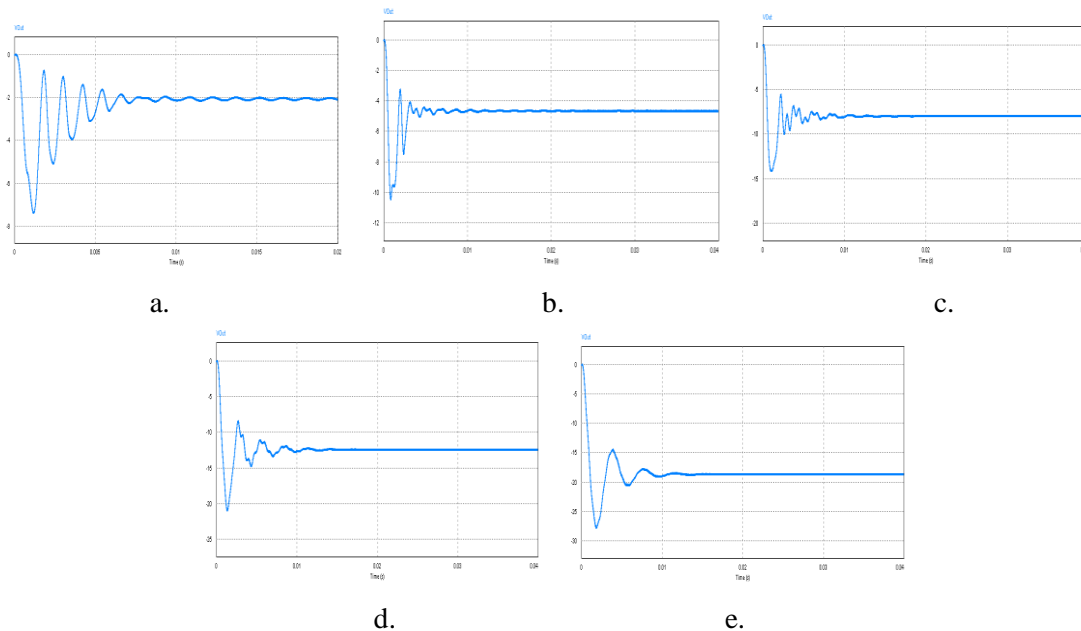
Hasil Simulasi

Hasil simulasi Konverter CUK dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Simulasi Konverter CUK

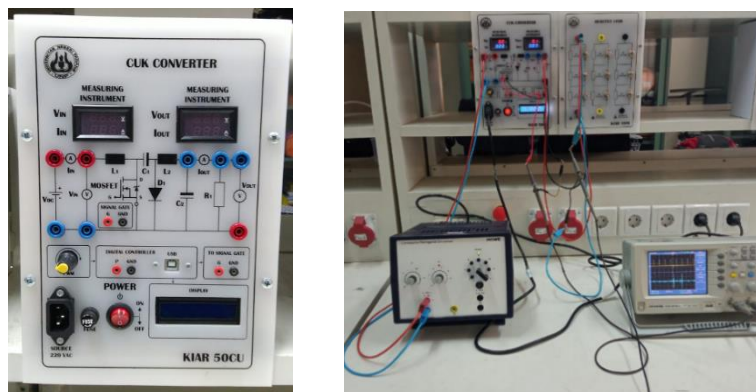
Bentuk gelombang Output Konverter CUK dengan duty 10-50% dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pengujian dengan PSim a. Duty 10% , b. Duty 20%, c. Duty 30% , d. Duty 40%, e. Duty 50%

Hasil Fabrikasi Konverter CUK

Hasil fabrikasi dan pengujian training kit secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. a. Fabrikasi Training Kit, b. Pengujian Alat

Pengujian Training Kit Konverter CUK

Pengujian training kit Konverter CUK dilakukan dengan menggunakan tegangan 18,6 Vdc dan beban resistive 100 ohm dengan duty mulai dari 10%-50%. Hasil pengujian training kit Konverter CUK dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Pengujian tegangan output dan arus output Konverter CUK

Frekuensi (KHz)	Resistive Load (ohm)	Duty Cycle (%)	V_{In} (V)	I_{In} (A)	P_{In} (Watt)	V_{Out} (V)	I_{Out} (A)	P_{Out}	η (%)
31,4	100	10	18,62	0,004	0,074	2,087	0,021	0,044	59%
		20	18,62	0,014	0,260	4,428	0,044	0,195	75%
		30	18,62	0,043	0,800	7,93	0,079	0,626	78%

40	18,61	0,109	2,028	12,22	0,119	1,454	72%
50	18,55	1,303	24,17	25,03	0,244	6,107	25%

Keterangan: V: Tegangan, I : Arus, P: Daya, η : Efisiensi

Selanjutnya beban resistive divariasikan untuk memperoleh nilai-nilai beban resistive yang nantinya akan dijadikan percobaan praktikum pada jobsheet. Hasil pengujian dengan variasi beban resistive dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 3. Hasil Pengamatan pengujian variasi beban resistive 200 ohm

Frekuensi (KHz)	Resistive Load (ohm)	Duty Cycle (%)	V_{In} (V)	I_{In} (A)	P_{In} (Watt)	V_{Out} (V)	I_{Out} (A)	P_{Out}	η (%)
31.4	200	10	18,61	0,004	0,074	3,166	0,015	0,047	63%
		20	18,61	0,012	0,223	5,813	0,028	0,163	73%
		30	18,62	0,029	0,539	9,006	0,044	0,396	73%
		40	18,61	0,062	1,154	13,77	0,067	0,922	80%
		50	18,55	0,422	7,828	33,24	0,162	5,384	69%

Tabel 4. Hasil Pengamatan pengujian variasi beban resistive 300 ohm

Frekuensi (KHz)	Resistive Load (ohm)	Duty Cycle (%)	V_{In} (V)	I_{In} (A)	P_{In} (Watt)	V_{Out} (V)	I_{Out} (A)	P_{Out}	η (%)
31.4	300	10	18,62	0,004	0,074	3,915	0,013	0,051	69%
		20	18,62	0,012	0,223	6,832	0,023	0,157	70%
		30	18,62	0,027	0,503	10,60	0,035	0,371	74%
		40	18,61	0,062	1,153	16,43	0,053	0,870	75%
		50	18,56	0,433	8,036	40,34	0,136	5,486	68%

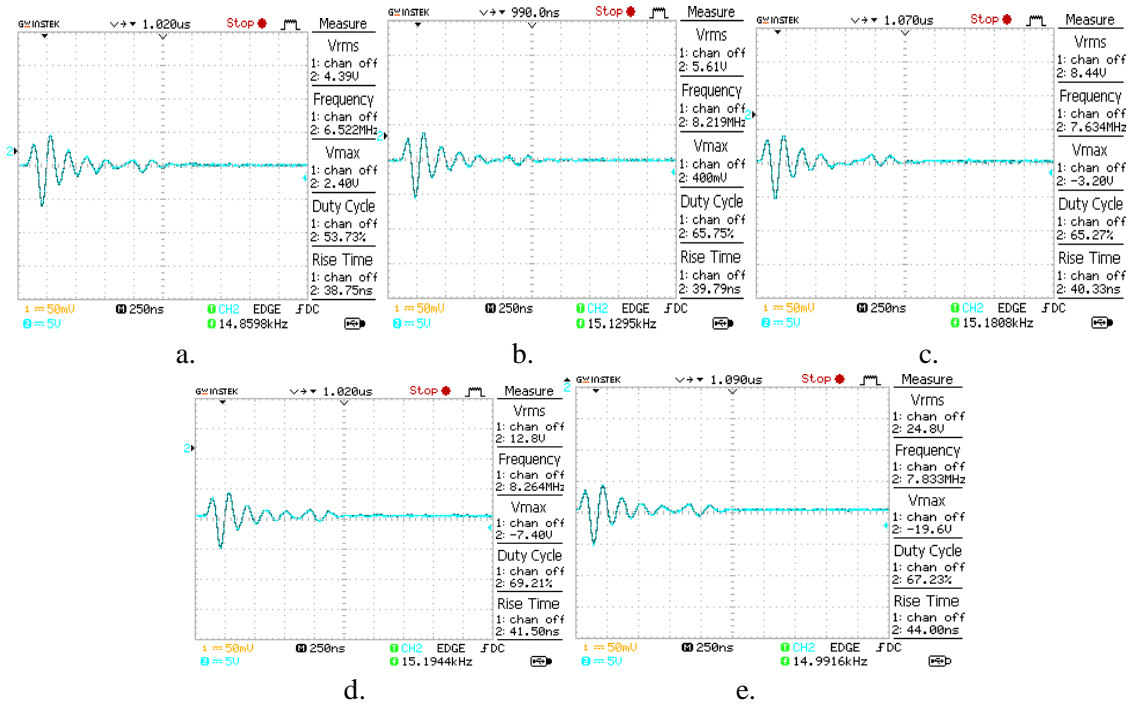
Tabel 5. Hasil Pengamatan pengujian variasi beban resistive 430 ohm

Frekuensi (KHz)	Resistive Load (ohm)	Duty Cycle (%)	V_{In} (V)	I_{In} (A)	P_{In} (Watt)	V_{Out} (V)	I_{Out} (A)	P_{Out}	η (%)
31.4	430	10	18,62	0,004	0,074	4,310	0,011	0,047	64%
		20	18,62	0,012	0,223	7,956	0,019	0,151	68%
		30	18,62	0,025	0,465	12,28	0,030	0,368	79%
		40	18,61	0,059	1,097	18,78	0,045	0,845	77%
		50	18,57	1,055	19,59	45,20	0,109	4,926	25%

Tabel 6. Hasil Pengamatan pengujian variasi beban resistive 560 ohm

Frekuensi (KHz)	Resistive Load (ohm)	Duty Cycle (%)	V_{In} (V)	I_{In} (A)	P_{In} (Watt)	V_{Out} (V)	I_{Out} (A)	P_{Out}	η (%)
31.4	560	10	18,62	0,004	0,074	5,303	0,009	0,048	65%
		20	18,62	0,012	0,223	9,508	0,016	0,152	68%
		30	18,62	0,028	0,521	15,18	0,025	0,379	73%
		40	18,61	0,057	1,060	22,06	0,036	0,794	75%
		50	18,57	0,371	6,889	53,41	0,088	4,700	68%

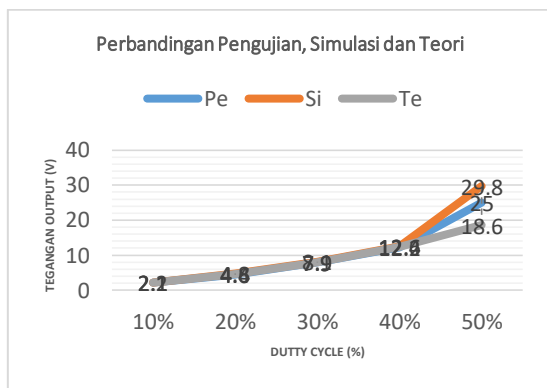
Gambar gelombang keluaran Konverter CUK dari hasil pengamatan pengujian training kit Konverter CUK dapat dilihat pada gambar 9.



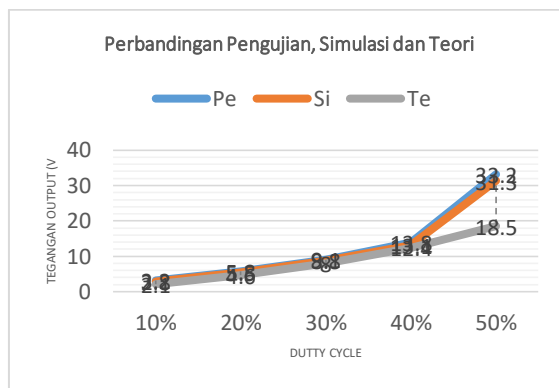
Gambar 9. Pengamatan gelombang keluaran Training kit a. Duty 10% , b. Duty 20% , c. Duty 30% , d. Duty 40% , e. Duty 50%

Analisis

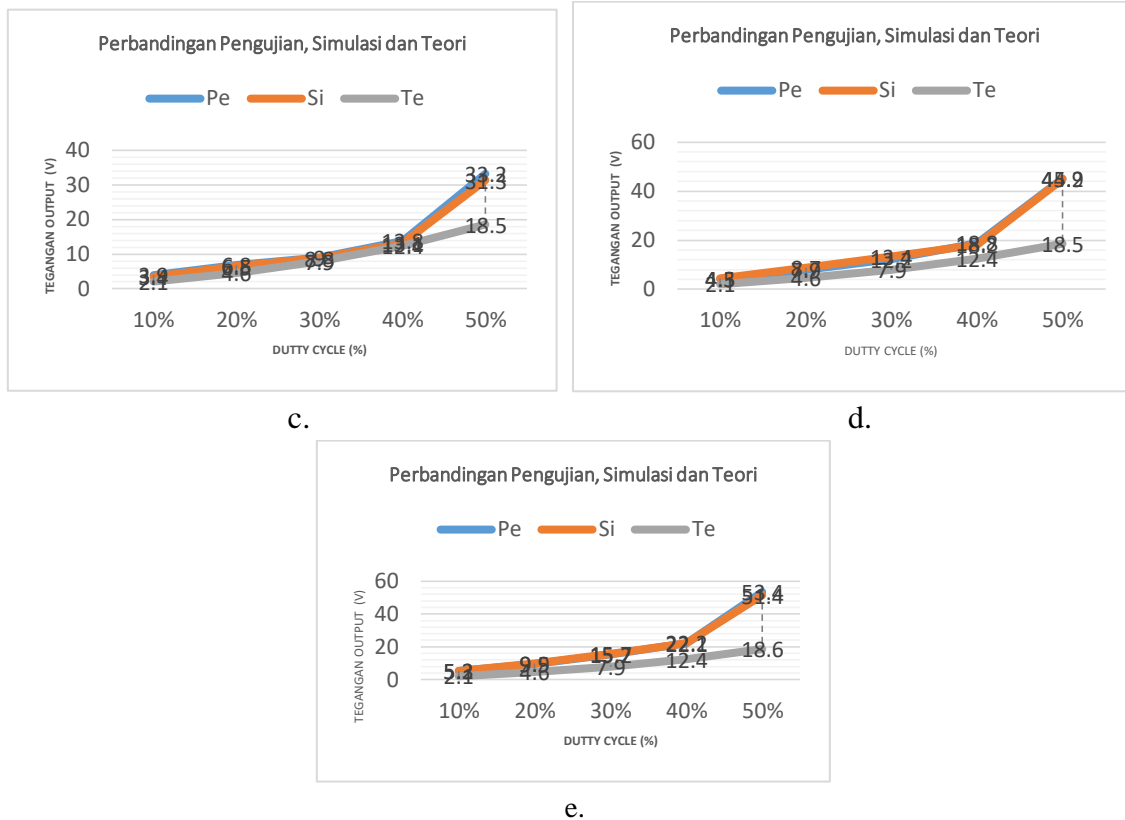
Analisis dalam penelitian menggunakan analisis perbandingan antara teori, simulasi dan pengujian *training kit* Konverter CUK yang dibuat. Perbandingan yang akan dianalisis yaitu perbandingan tegangan keluar (V_{Out}) dan arus keluar (I_{Out}) antara teori, simulasi dan pengujian *training kit* Konverter CUK dengan pengaruh duty cycle 10% sampai 50%. Dengan memvariasikan 5 tahanan yang berbeda. Untuk perbandingan tegangan keluar (V_{Out}) teori, simulasi dan pengujian *training kit* dapat dilihat pada grafik pada gambar 10.



a.

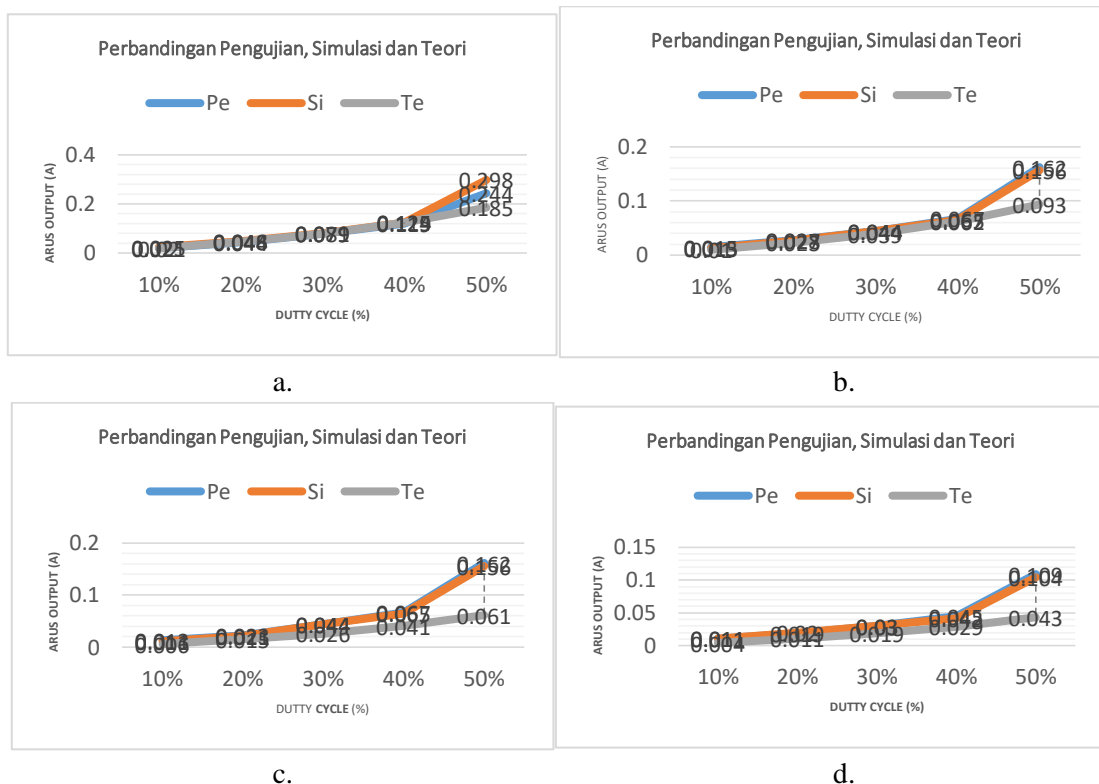


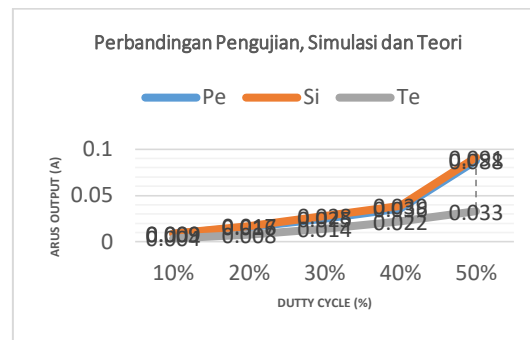
b.



Gambar 10. Grafik perbandingan tegangan output Pengujian, Simulasi dan Teori, a. Tahanan= 100 ohm, b. Tahanan= 200 ohm, c. Tahanan= 300 ohm, d. Tahanan= 430 ohm, e. Tahanan =560 ohm

Perbandingan arus keluar (I_{Out}) secara teori, Simulasi dan pengujian training kit dapat dilihat pada grafik yang terdapat pada gambar 11.





e.

Gambar 11. Grafik perbandingan tegangan output Pengujian, Simulasi dan Teori, a. Tahanan= 100 ohm, b. Tahanan= 200 ohm, c. Tahanan= 300 ohm, d. Tahanan= 430 ohm, e. Tahanan =560 ohm

Keterangan: Te: Teori, Si: Simulasi, Pe: pengujian.

Dari hasil analisa perbandingan pengujian, simulasi dan teori dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai duty cycle, maka tegang dan arus keluaran semakin besar. Variasi beban resistive hanya berpengaruh pada tegangan dan arus *training kit* konverter CUK dan simulasi sedangkan tidak berpengaruh terhadap teori, hal ini karena adanya pengaruh dari kapasitor, induktor dan dioda. Berdasarkan analisis perbandingan pengujian, simulasi dan teori pada *dutty* 10% sampai 40% memiliki persentase pengujian dan perhitungan <20%, maka dalam pembuatan *job sheet* untuk percobaan praktikum akan menggunakan *dutty* 10%,20%,30% dan 40% dengan variasi beban resistive 100 ohm, 200 ohm, 300 ohm, 430 ohm dan 560 ohm.

Hasil Validasi Training Kit

Untuk mengetahui kelayakan training kit dan jobsheet dilakukan uji validitas, nilai validitas didapat berdasarkan rumus berikut :

$$\text{Nilai Validitas} = \frac{\text{Jumlah Skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor maksimum}} \times 100\% \quad (9)$$

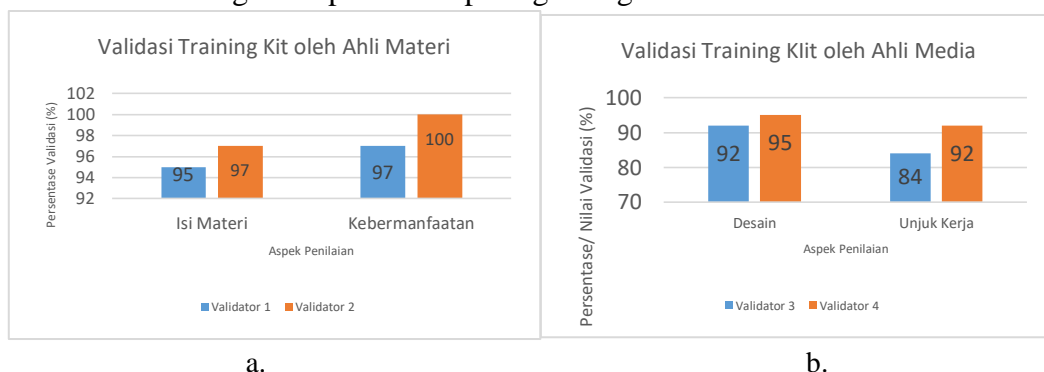
Kategori validitas produk dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kategori Validitas Produk

Tingkat Pencapaian	Kategori
$\geq 0,6$	Valid
$> 0,6$	Tidak Valid

Sumber :[15]

Hasil validasi training kit dapat dilihat pada grafik gambar 12



a.

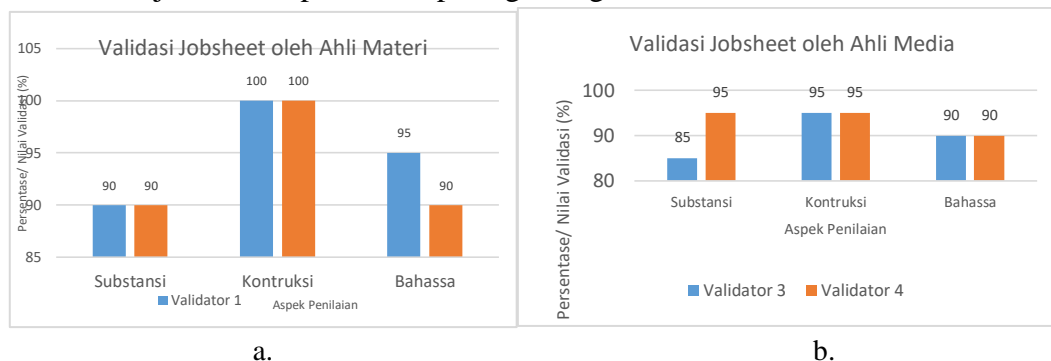
b.

Gambar 12. Grafik Validasi training kit, a. Validasi Materi, b. Validasi Media

Dari grafik dapat diketahui Validator 1 memberikan total nilai 0,96 (96%), validator 2 memberikan total nilai 0,97 (97%), validator 3 memberikan total nilai 0,90 (90%) dan validator 4 memberikan nilai 0,94 (94%) sehingga didapatkan rata-rata 0,94 (94%) maka training kit Konverter CUK dapat dikategorikan valid.

Validasi Jobsheet

Hasil validasi jobsheet dapat dilihat pada grafik gambar 13.



Gambar 13. Grafik validasi Jobsheet a. Validasi Materi, b. Validasi Media

Dari grafik dapat diketahui Validator 1 memberikan total nilai 0,95 (95%), validator 2 memberikan nilai 0,93 (93%), validator 3 memberikan nilai 0,90 (90%) dan validator 4 memberikan nilai 0,93 (93%) sehingga didapatkan rata-rata 0,92 (92%) maka jobsheet Konverter CUK dapat dikategorikan valid.

KESIMPULAN DAN SARAN

Konverter CUK telah berhasil dibuat. Dengan rata-rata eror perhitungan dan pengujian *training kit* <20% yaitu pada *duty* 10%,20%,30% dan 40%. Variasi beban 100 ohm, 200 ohm, 300ohm, 430 ohm dan dan 560 ohm. Di peroleh bahwa tegangan keluaran (V_{Out}) dan arus keluaran (I_{Out}) adalah negatif serta besarnya tegangan keluaran bisa lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan masukan. *Training kit* dikategorikan valid berdasarkan uji validitas oleh validator dengan rata-rata 0,94 (94%), Serta validasi job sheet dengan rata-rata 0,92 (92%) dengan kategori valid dan dapat digunakan untuk praktikum elektronika daya.

REFERENSI

- [1] Yanto D.T.P, Astrid E, Hidayat R, Islami S., Analisis Uji Kelayakan Trainer Kit Elektronika Daya: 3 Phase Half-Wave and Full-Wave Uncontrolled Rectifier. Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional, Vol 5, No 1.1, 2019:121.
- [2] Harahap C.R, Perancangan Alat Praktikum Klasifikasi DC Chopper pada Laboratorium Konveksi Energi Elektrik. Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol 5, No 3,2011: 149.
- [3] Fitriati A, Ishak I, Akil M, Gazali M. Rancang Bangun Trainer Kit Elektronika Digital Berbasis FPGA. Jurnal Informatika Sains dan Teknologi, 2018;3 :191

-
- [4] Akbar J, Krismadinata K, Ahyanuardi A, Asnil A., Development of boost converter training kit as a practical tool in power electronics course. *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*.2021;21:95
- [5] Usman U, Aziz F, Wisarana A, Habibudin R. Perancangan dan Pembuatan Trainer Penyearah Terkendali 3 Fasa. *Jurnal Teknologi Terpadu*, Vol 5, No1, 2017;26.
- [6] Agung A.T. Honggowiyono P. Pengembangan Bahan Ajar Konverter Boost pada Mata Kuliah Praktikum Elektronika Daya di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang. Vol 2, No 2, 2015:65.
- [7] Rinawan S. W., Pengembangan Trainer sebagai Alat Praktikum Pengujian Rangkaian Pembangkit PWM, Buck Converter, Boost Converter dan Buck-Boost Converter pada Mata Pelajaran Penerapan Rangkaian Elektronika di Kelas XI SMK Muhammadiyah 1 Bantul, Yogyakarta, Skripsi, 2018.
- [8] Wahyu A.F. Sistem Konverter CUK dengan Pengendali Kalang Terbuka (open Loop), Yogyakarta, Skripsi, 2018.
- [9] Hakim M.L. dkk, Analisis perbandingan buckboost konverter dan CUK konverter dengan pemacu mikrokontroler ATmega 8535 untuk aplikasi kinerja peningkatan panel surya, *Transmisi*, Vol.18, No.3, 2016.
- [10] Abdullah A, Ridwan. *Inovasi Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara. 2013.
- [11] Meilala, S. Analisis Tegangan Keluaran DC Step-Up Konverter CUK Menggunakan Fuzzy Logic Kontroler. *Jurnal. Universitas Malikuleh*. Vol 1.2016
- [12] Jayalaksmi N.S, Design and Implementation Of Single Phase Inverter Based on Konverter CUK for PV System, *International Journal of Renewable Energy Research*, Manipal Institute of Technology, Vol.7, No.2, India, 2017.
- [12] Susanto B.K. Desain dan Implementasi Konverter CUK dengan Induktor Terkopel untuk Reduksi Ripple Arus Masukan, Surabaya, 2017.
- [14] Sugiyono. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D)*. Bandung: Alfabeta. 2010
- [15] Azwar, Saifuddin. *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta: Pustaka Belajar. 2015

Halaman ini sengaja dikosongkan