

DESAIN DAN SIMULASI DC-DC SHUNT BUCK CONVERTER EFISIENSI TINGGI MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Sofian Ichsan Muladi¹, I Ketut Wiryajati², Supriono³

¹ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

^{2,3,4} Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

¹ email: sofianichsan17@gmail.com

[submitted: 17-03-2024 | review: 25-04-2024 | published: 30-04-2024]

ABSTRACT: The development of electronic component and circuit technology is able to produce a direct current voltage power supply system or more briefly DC (Direct Current), which is produced by converting the input voltage to the desired output voltage form (DC to DC converter). In its development, there are three types of DC to DC converter types, namely, boost converter (step up), buck converter (step down), and buck-boost converter (step up and step down). Of the three types, there have been several developments that have been carried out, as one example is the shunt buck converter that will be used in this study. The simulation test result of the shunt buck converter circuit carried out by means of 3 approaches, namely open loop, close loop with PID control, and close loop with fuzzy logic control can produce an output voltage value that is smaller than the input voltage value given, this is accordance with the function of the buck converter itself. In addition, the efficiency value obtained from the three experiments with the previously mentioned approaches has a fairly high value ranging from 65% - 99% with the highest efficiency obtained being 98,7%.

KEYWORDS: Buck Converter, Efficiency, Fuzzy Logic, PID, Shunt

ABSTRAK: Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan arus searah atau lebih singkatnya DC (Direct Current), yang dihasilkan dengan cara mengkonversi tegangan masukan ke bentuk tegangan keluaran yang diinginkan (DC to DC converter). Pada perkembangannya ada tiga tipe tipe DC to DC converter yaitu, *boost converter (step up)*, *buck converter (step down)*, dan *buck-boost converter (step up dan step down)*. Dari tiga tipe tersebut sudah ada beberapa pengembangan yang telah dilakukan, sebagai salah satu contohnya yaitu *shunt buck converter* yang akan digunakan pada penelitian ini. Hasil uji simulasi rangkaian *shunt buck converter* yang dilakukan dengan cara 3 pendekatan yaitu *open loop*, *close loop* dengan kontrol PID, dan *close loop* dengan kontrol logika fuzzy dapat menghasilkan nilai tegangan keluaran yang lebih kecil dari nilai tegangan masukan yang diberikan, hal ini sesuai dengan fungsi dari *buck converter* itu sendiri. Selain itu, nilai efisiensi yang didapatkan dari ketiga percobaan dengan pendekatan yang telah disebutkan sebelumnya memiliki nilai yang terbilang tinggi yang berkisar antara 65% - 99% dengan efisiensi tertinggi yang didapatkan adalah 98,7%.

KATA KUNCI: Buck Converter, Efisiensi, Logika Fuzzy, PID, Shunt

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi konverter memegang peranan dalam model konversi energi seperti yang diuraikan pada model konversi dengan teknik modulasi yang bervariasi. Selain komponen dan rangkaian elektronika pada konverter yang dapat menghasilkan sistem penyedia daya tegangan arus searah atau (*Direct Current*), yang dihasilkan dengan cara mengkonversi tegangan masukan ke bentuk tegangan keluaran yang diinginkan (*DC to DC converter*)[1].

Pada perkembangannya ada tiga tipe DC to DC converter yaitu, *boost converter (step up)*,

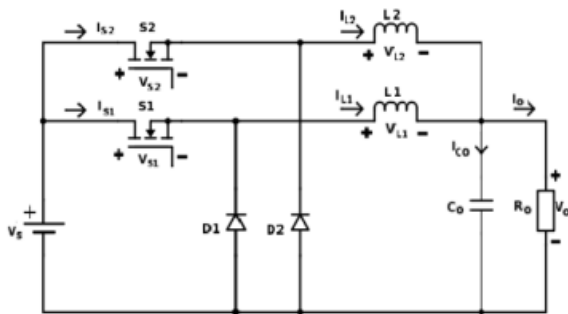
buck converter (step down), dan *buck-boost converter (step up dan step down)*. Dari tiga tipe tersebut sudah ada beberapa pengembangan yang telah dilakukan, sebagai salah satu contohnya yaitu *shunt buck converter* atau bisa disebut juga dengan *interleaved buck converter*[2]. Ide dasar dari penelitian ini adalah oleh penggunaan teknik modulasi yang digunakan pada skema dual inverter dengan tegangan DC [3].

II. KAJIAN PUSTAKA

Shunt buck converter sering juga disebut dengan *interleaved buck converter* merupakan varian dari konverter buck yang menggunakan dua

atau lebih jalur paralel untuk mengatur daya. Setiap jalur bekerja secara bergantian yang dapat

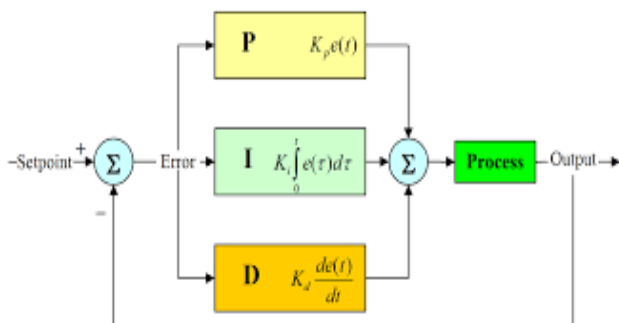
mengurangi pemadaman arus dan meningkatkan efisiensi konversi[4].



Gbr 1. Rangkaian shunt buck converter

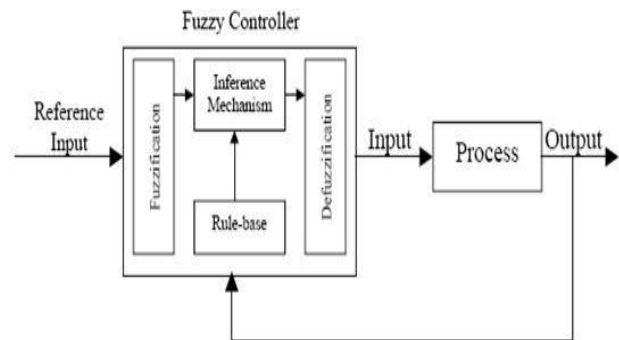
Shunt buck converter dapat menggunakan beberapa pendekatan seperti menggunakan kontrol PID ataupun dengan kontrol logika fuzzy. Kontroler PID merupakan salah satu jenis pengatur yang banyak digunakan yang mudah digabungkan dengan metode pengaturan yang lain seperti Fuzzy dan Robust, sehingga akan menjadi suatu pengatur yang semakin baik. Kontroler PID terdiri dari 3 jenis cara pengaturan yang saling dikombinasikan, yaitu P (Proportional) Controller, D (Derivative) Controller, dan I (Integral) Controller yang masing-masing memiliki parameter tertentu yang harus diset untuk dapat beroperasi dengan baik yang disebut dengan konstanta. PID memiliki fungsi transfer sebagai berikut[5]:

$$H(s) = \frac{K_D S^2 + K_P S + K_I}{S^3 + K_D S^2 + K_P S + K_I}$$



Gbr 2. Kontroler PID

Fuzzy adalah cabang dari logika yang menerapkan derajat keanggotaan dalam suatu himpunan sehingga keanggotaan tidak hanya bersifat true/false saja. Fuzzy secara bahasa artinya kabur, tidak jelas, tidak pasti, atau grey area. Secara istilah merupakan bentuk representasi secara eksak, akan tetapi disesuaikan dengan konteksnya. Logika fuzzy menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada arti yang dikembangkan berdasarkan bahasa manusia (bahasa alami)[6].



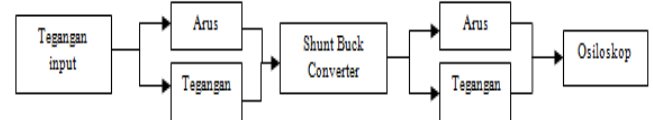
Gbr 3. Logika Fuzzy

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan perancangan shunt buck converter untuk mengtshui kinerja dan efisiensi dari tegangan keluar dan menggunakan beberapa pendekatan yang berbasis simulasi menggunakan software MATLAB/Simulink. Hasil simulasi dari rangkaian shunt buck converter dilakukan dengan menggunakan nilai duty cycle yang bervariasi, tegangan input yang bervariasi, frekuensi tetap, dan nilai beban yang tetap.

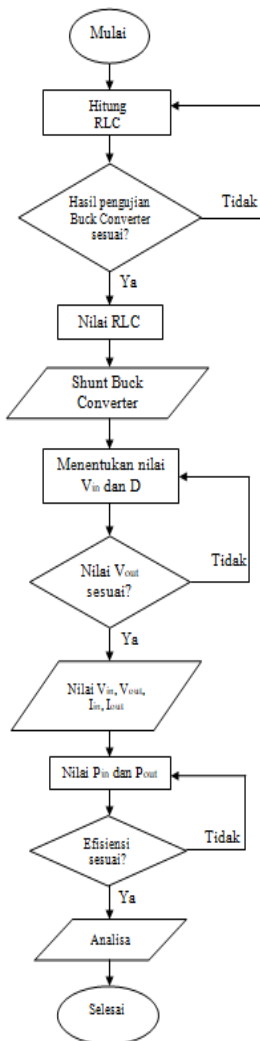
A. PERANCANGAN SISTEM SHUNT BUCK CONVERTER

Dalam proses penyelesaian penelitian ini, dibutuhkan tahapan-tahapan untuk merancang sebuah shunt buck converter. Secara garis besar, sistem yang akan digunakan sebagai berikut :



Gbr 4. Rancangan sistem shunt buck converter

Dalam simulasi dari shunt buck converter akan dimulai dari menentukan nilai tiap parameter dari sumber tegangan dan menghitung nilai R, L, C. Selanjutnya simulasi dapat dijalankan dan akan diketahui nilai dari tegangan keluarannya yang kemudian akan dianalisa dan akan dibandingkan dengan tegangan inputnya.



Gbr 5. Diagram alir penelitian *shunt buck converter*

B. DESAIN SHUNT BUCK CONVERTER

Sebelum dilakukannya perhitungan nilai variabel dari komponen yang akan digunakan, terlebih dahulu menentukan beberapa variabel sebagai berikut:

Tegangan masukan (V_{in}) = 10V

Frekuensi (f_s) = 20 KHz
 Duty cycle = 5% – 99%
 Resistansi beban (R) = 1 Ω
 Tegangan keluaran (V_{out}) = 5V

Berdasarkan variabel-variabel yang telah ditentukan diatas, maka dapat ditentukan desain *shunt buck converter* seperti berikut :

1. Menentukan *duty cycle*

$$D = 1 - \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 - \frac{5}{10} = 0,5 \dots\dots\dots(1)$$

2. Menentukan arus keluaran

$$I_{out} = \frac{V_{out}}{R} = \frac{5}{1} = 5A \dots\dots\dots(2)$$

3. Menentukan arus masukan

$$I_{in} = I_{out} \cdot D = 5 \cdot 0,5 = 2,5A \dots\dots\dots(3)$$

4. Menentukan nilai Induktor

$$L = \left(\frac{V_{in} - V_{out}}{\Delta I_L \cdot n \cdot f} \right) \cdot D = \left(\frac{10 - 5}{0,125 \cdot 2 \cdot 20000} \right) \cdot 0,5 = 50 \mu H \dots\dots\dots(4)$$

5. Menentukan nilai kapasitor

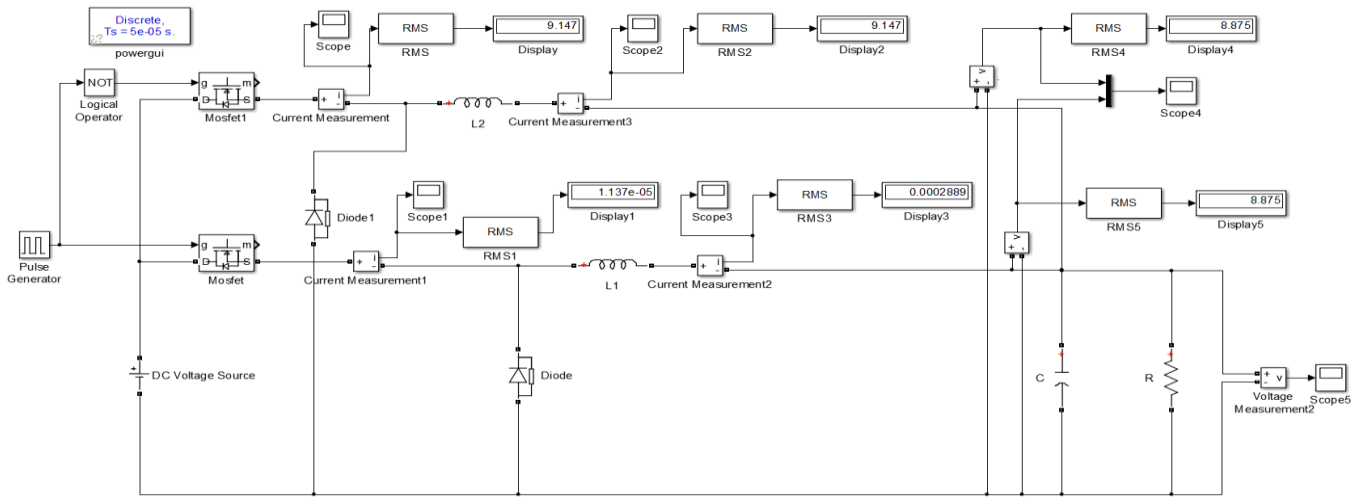
$$C = \frac{V_o \cdot D}{\Delta V_o \cdot R \cdot f} = \frac{5 \cdot 0,5}{0,05 \cdot 1 \cdot 20000} = 250 \mu F \dots\dots\dots(5)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

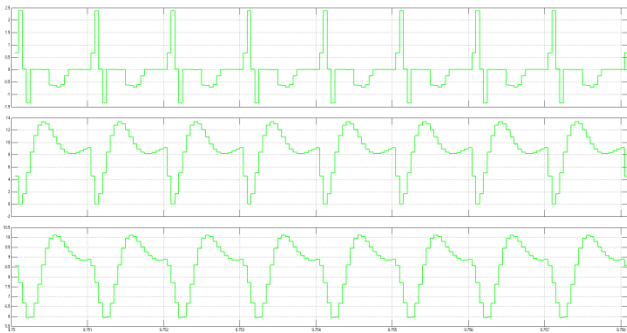
Berikut ini adalah hasil beserta pembahasan dari beberapa uji simulasi yang telah dilakukan dari beberapa rangkaian *shunt buck converter* dengan beberapa pendekatannya.

A. OPEN LOOP SHUNT BUCK CONVERTER

Uji simulasi pada rangkaian *open loop shunt buck converter* dilakukan dengan memberikan tegangan input tetap yang bernilai 10V dengan *duty cycle* yang bervariasi dari 5%-99% dengan nilai dari resistor (R) sebesar 1 Ω , induktor (L) sebesar 50 μH , dan kapasitor (C) sebesar 250 μF yang menggunakan rangkaian sebagai berikut:



Gbr 6. Rangkaian *Open Loop Shunt Buck Converter*



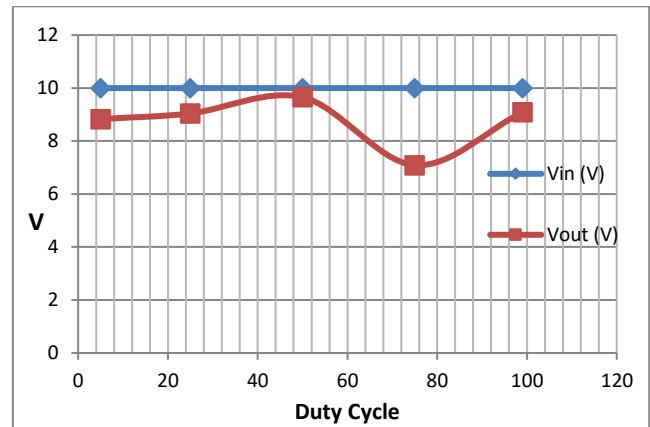
Gbr 7. Bentuk gelombang dari I_{out1} , I_{out2} , dan V_{out} rangkaian *open loop shunt buck converter*

Dari rangkaian diatas, didapatkan hasil uji simulasi pada tabel 1. Berikut:

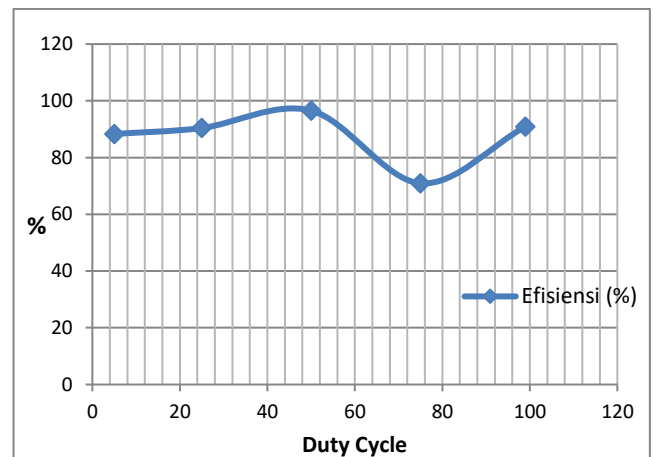
Tbl 1. Hasil uji simulasi rangkaian *open loop shunt buck converter*

No	D (%)	Vin (V)	Iin (A)	Iout (A)	Vout (V)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
1	5	10	9,2683 680 12	9,2683 41	8,831	92,680	81,84 872	88,31313 88
2	25	10	7,9537 540 09	7,9537 54	9,041	79,540 09	71,90 989	90,40709 53
3	50	10	11,410 00	11,412 02	9,654	114,10 00	110,1 716	96,55704 84
4	75	10	9,7510 52	9,7561 81	7,09	97,510 52	69,17 132	70,93729 00
5	99	10	9,0910 09	9,0910 09	9,091	90,910 09	82,64 636	90,91

Berdasarkan tabel 1 dapat dilihat bahwa *shunt buck converter* mampu menurunkan tegangan input. Akan tetapi nilai dari tegangan output dan efisiensinya masih terbilang belum stabil sesuai dan nilainya bergantung pada *duty cycle* yang digunakan. Tetapi pada akhirnya nilai dari efisiensi yang dihasilkan terbilang tinggi dengan nilai >60%.



Gbr 8. Grafik perbandingan V_{in} dan V_{out} dengan *duty cycle*



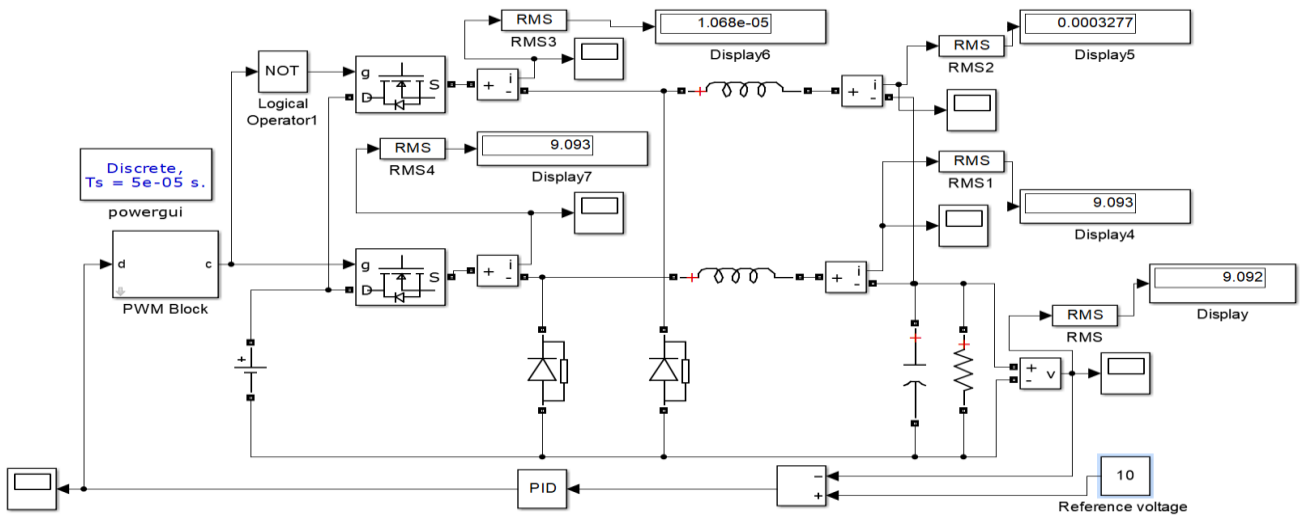
Gbr 9. Grafik perbandingan efisiensi dengan *duty cycle*

B. CLOSE LOOP SHUNT BUCK CONVERTER DENGAN KONTROL PID

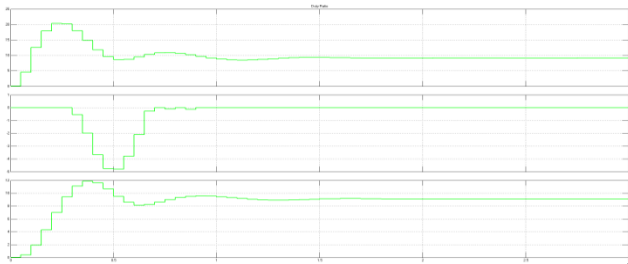
Uji simulasi pada rangkaian *close loop shunt buck converter* dengan kontrol PID dilakukan dengan memberikan nilai *duty cycle* yang tetap, namun untuk

tegangan masukan akan ditingkatkan secara bertahap. Sedangkan untuk nilai dari resistor (R), induktor (L) dan kapasitor (C) sama memiliki nilai yang sama dengan rangkaian sebelumnya. Untuk mendapatkan nilai dari

konstanta untuk PID, dilakukan dengan cara *automated PID tuning* dari software MATLAB dan mendapatkan nilai konstanta Kp sebesar 0,01, untuk nilai konstanta Ki sebesar 50, dan untuk nilai konstanta Kd sebesar 0.



Gbr 10. Rangkaian *Close Loop Shunt Buck Converter* dengan kontrol PID



Gbr 11. Bentuk gelombang dari Iout1, Iout2, dan Vout rangkaian PID *close loop shunt buck converter*

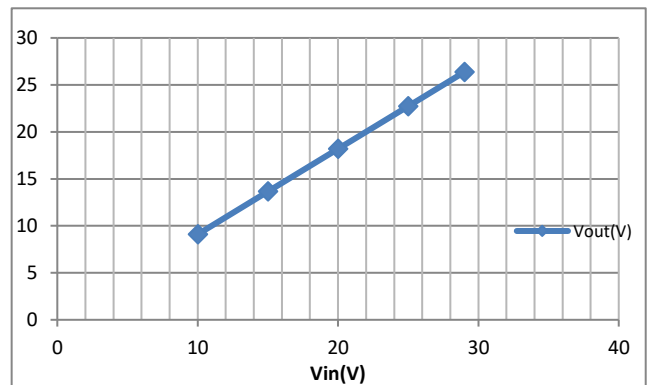
Dari rangkaian diatas, didapatkan hasil uji simulasi pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Hasil uji simulasi rangkain *close loop shunt buck converter* dengan kontrol PID

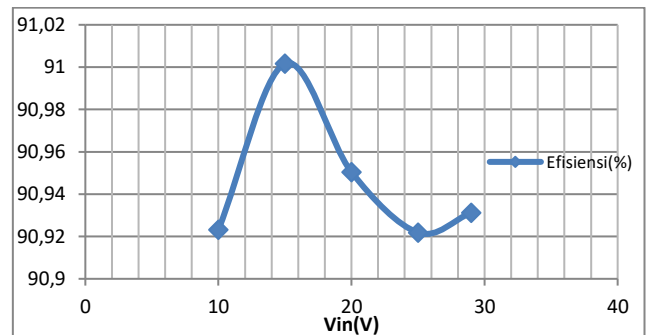
No	Vin (V)	Iin (A)	Iout (A)	Vout (V)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
1	10	9,093 0106 8	9,0933 277	9,092	90,930 1068	82,6765 354	90,9231 6985
2	15	13,71 0015 1	13,710 2678	13,65	205,65 02261	187,145 156	91,0016 7749
3	20	18,19 0017 6	18,190 1029	18,19	363,80 03516	330,877 972	90,9504 266
4	25	22,73 0025 0	22,730 4868	22,73	568,25 06255	516,663 965	90,9218 4712
5	29	26,37 0026 7	26,370 0856	26,37	764,73 07729	695,379 157	90,9312 3765

Berdasarkan tabel 2, dapat diketahui bahwa *shunt buck converter* dengan menggunakan pendekatan kontrol PID mampu menurunkan tegangan yang diberikan dan menghasilkan nilai efisiensi yang tinggi dengan nilai >75%. Selain itu, nilai dari tegangan keluarannya juga semakin meningkat seiring dengan

meningkatnya tegangan masukan yang diberikan. Akan tetapi nilai efisiensi tidak bervariasi dan tidak bergantung dari meningkatnya nilai tegangan masukan yang diberikan.



Gbr 12. Grafik perbandingan Vout dengan Vin



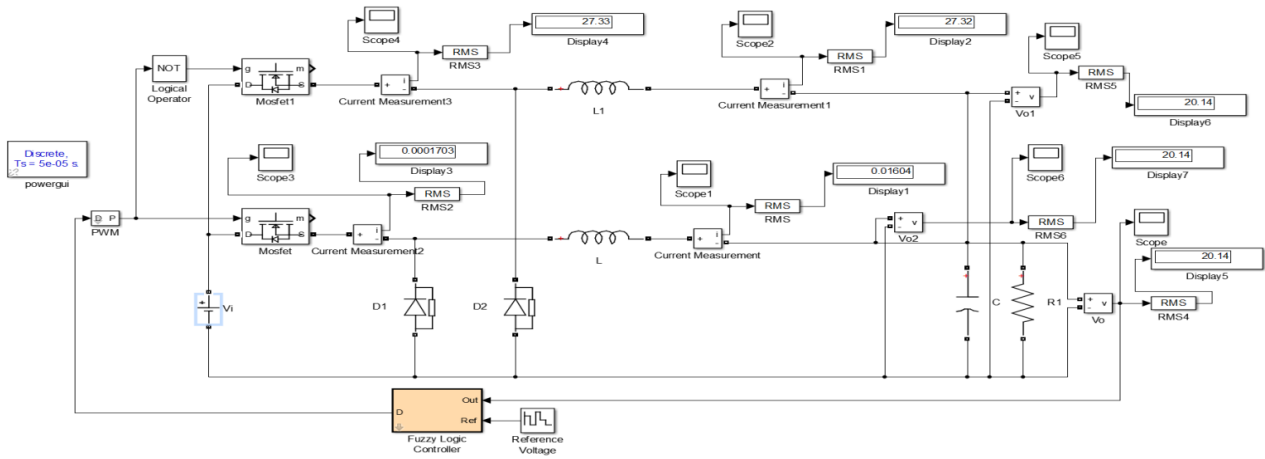
Gbr 13. Grafik perbandingan efisiensi dengan Vin

C. CLOSE LOOP SHUNT BUCK CONVERTER DENGAN KONTROL LOGIKA FUZZY

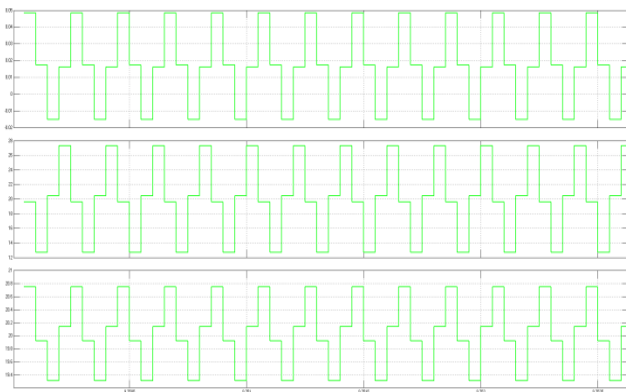
Uji simulasi untuk rangkaian *close loop shunt buck converter* dengan kontrol logika fuzzy dilakukan

dengan cara memberikan nilai *duty cycle* yang tetap dan tegangan masukan yang ditingkatkan secara bertahap. Untuk nilai dari resistor (R), induktor (L), dan kapasitor (C) yang digunakan masih sama dengan

rangkain yang sebelumnya. Untuk pengaturan kontrol sistem logika fuzzy diatur sedemikian rupa pada MATLAB sehingga bisa beroperasi dengan baik.



Gbr 14. Rangkaian *close loop shunt buck converter* dengan kontrol logika fuzzy



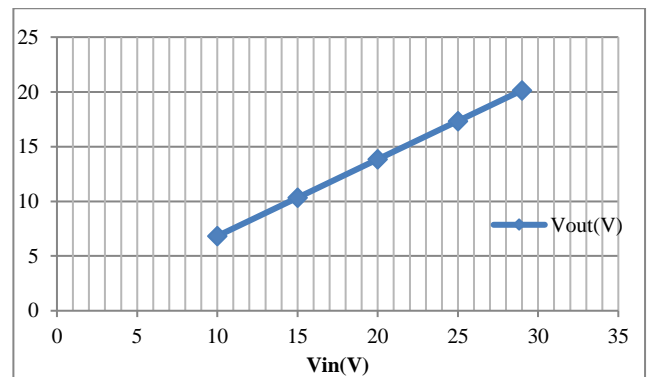
Gbr 15. Bentuk gelombang dari rangkaian *close loop shunt buck converter* dengan kontrol logika fuzzy

Dari rangkaian diatas, didapatkan hasil uji simulasi pada tabel 3 berikut ini.

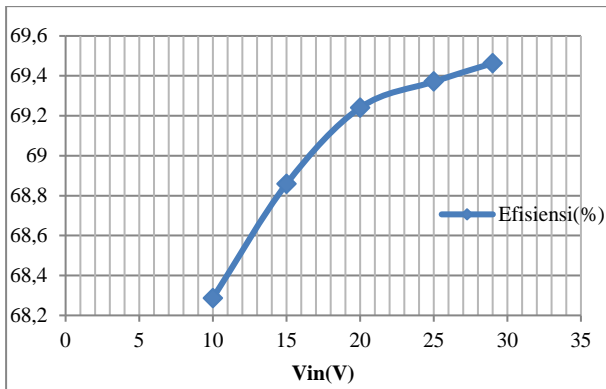
Tbl 3. Hasil uji simulasi rangkain *close loop shunt buck converter* dengan kontrol logika fuzzy

No	Vin (V)	Iin (A)	Iout (A)	Vout (V)	Pin (W)	Pout (W)	Efisiensi (%)
1	10	9,4410610	9,444738	6,826	94,4106101	64,4697815	68,28658508
2	15	14,1500897	14,148449	10,33	212,2513467	146,153478	68,8586812
3	20	18,8501186	18,86116	13,84	377,002372	261,038454	69,24053369
4	25	23,5601473	23,56387	17,34	589,0036825	408,597505	69,37095946
5	29	27,3301703	27,33604	20,14	792,5749387	550,547845	69,46319127

Berdasarkan tabel 3, dapat diketahui bahwa *shunt buck converter* dengan menggunakan pendekatan kontrol logika fuzzy mampu menurunkan tegangan yang diberikan dan menghasilkan nilai efisiensi yang cukup tinggi dengan nilai >68%. Selain itu, nilai dari tegangan keluarannya juga semakin meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan masukan yang diberikan.



Gbr 16. Grafik perbandingan Vout dengan Vin



Gbr 17. Grafik perbandingan efisiensi dengan Vin

V. KESIMPULAN

Uji simulasi dari rangkaian *open loop shunt buck converter* dengan tegangan masukan tetap 10V dan nilai *duty cycle* yang ditingkatkan secara bertahap memiliki nilai tegangan keluaran yang bervariasi dan tidak meningkat seperti halnya pada *duty cycle*. Hal ini berarti nilai dari *duty cycle* tidak menentukan besar dari nilai tegangan keluaran yang dihasilkan.

Nilai efisiensi dari ketiga rangkaian yang telah disimulasikan memiliki nilai yang cukup tinggi dengan nilai >65% dengan kontrol PID yang memiliki tingkat efisiensi tertinggi dari ketiga percobaan yang telah dilakukan dengan nilai efisiensi 75% - 92%. Sedangkan nilai efisiensi dari kontrol logika fuzzy cukup stabil karena hanya berkisar pada nilai 68% - 70%. Sedangkan untuk *open loop* memiliki nilai efisiensi sekitar 67% - 98,7%.

[1] UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini terutama kepada bapak Dr. Ir Ketut Wiryajati, ST., MT., IPU., ASEAN Eng. yang telah mengarahkan sekaligus membimbing dalam pelaksanaan pelaksanaan penelitian, kepada bapak Supriono, ST., MT. sebagai pembimbing kedua, juga kepada bapak I Made Budi Sukmadana, ST., MT., bapak I Nyoman Wahyu Satiawan, ST., MSc., Ph.D., dan Ibu Dr. Ida Ayu Sri Adnyani, ST., M.Erg. selaku dosen penguji Yang telah memberikan saran, serta pihak Universitas Mataram sebagai institusi penulis yang telah memberikan motivasi dalam melakukan penelitian ini.

[2] REFERENSI

[3] CA. G. Pratama, "Desain dan Implementasi Interleaved Boost converter untuk Aplikasi Photovoltaic", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.

- [4] M. F. Mardani, "Desain Buck Converter Bertingkat untuk Transformator Elektronika Daya", Universitas Mataram, Mataram, 2021.
- [5] I. K. Wiryajati, I. A. D. Giriantari, I. N. Satya Kumara, Lie jasa, "Simple Carrier Based Space Vector PWM Schemes of Dual-Inverter Fed Three-Phase Open-End Winding Motor Drives with Equal DC-Link Voltage", ICS GTEIS, 2018, doi: 10.1109/ICSGTEIS.2018.8709104.
- [6] U. Vikas and K. P. Guruswamy, "Design, Modelling, Analysis and Implementation of Two Phase Interleaved Buck DC-DC Converter", IISRT, Vol. 3, 2018.
- [7] F. Arifin, "PID Controller", Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, 2015.
- [8] A. J. Rindengan dan Y. A. R. Langi, Sistem Fuzzy, CV. Patra Media Grafindo, Bandung, 2019.
- [9] A. B. Pulungan, Sukardi, dan T. Ramadhan. "Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif", EECCIS, Vol. 12, 2018.
- [10] I. O. Lee, S. Y. Cho, and G. W. Moon, "Interleaved Buck Converter Having Low Switching Losses and Improved Step-Down Conversion Ratio", IEEE, Vol. 27, 2012.
- [11] V. K. Bhushan, R. Anil, and G. T. Philip, "Interleaved Buck Converter with Fuzzy PI Control Technique having Lower Conversion Ratio", IRJET, Vol. 5, 2018.
- [12] S. Echalih, A. Abouloifa, I. Lachkar, Z. Hekss, M. Aourir, and F. Giri, "Hybrid Control of Single Phase Shunt Active Power Filter Based on Interleaved Buck Converter", AACC, 2019.
- [13] M. Seddik, S. Zouggar, B. Lahfaoui, M. Elhayfani, and A. Aziz, "The New Architecture of a Buck/Boost Shunt Converter Non-Inverter Dedicated to the Wind Turbine System with a High Efficiency", IEEE, 2014.
- [14] V. M. S. Rodriguez, "PID Controller Tuning and Adaptation of a Buck Converter", Arizona State University, Amerika Serikat, 2016.
- [15] B. R. Ananda, "Implementasi Desain Buck Converter dengan PID Controller Menggunakan Metode Tuning Genetic Algorithm (GA)", Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2020.

[16] BIOGRAFI PENULIS



Sofian Ichsana Muladi, lahir pada tanggal 15 juni 1999 di Mataram. Kuliah di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram. Bidang keahlian yang diambil yaitu Elektronika.



Dr. Ir. I Ketut Wiryajati, ST., MT., IPU., ASEAN Eng. Kuliah S1 (UNUD 1994) Teknik Elektro, S2 (ITS 2003) Teknik Elektro, S3 (UNUD 2020) Teknik Elektro, Pendidikan Profesi Ir. (UNUD 2018), saat ini ia sebagai Insinyur Profesional Utama pada PII, ia juga

telah Teregistrasi sebagai ASEAN Enginer. Selain Aktif sebagai konsultan pada bidang MEP dan Komputer. Keaktifan dalam mengajar sebagai dosen tetap pada Teknik Elektro Universitas Mataram ,NTB, Indonesia. Selain aktif berorganisasi ia juga aktif menulis buku referensi dan menerbitkan Jurnal Nasional maupun Internasional, ketertarikan riset adalah pada bidang Konversi Daya, Pengembangan Energi terbarukan (Renewable Energy), Power Electronics and Drives, Motor-motor Listrik dan member IET sejak 2014 IEEE, 2018. Sampai sekarang.



Supriono, ST., MT. Supriono, ST., MT. Lahir di Medan pada Nopember 1971. Pendidikan Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara diselesaikan Tahun 1997. Pendidikan lanjut Strata-2 (Master Degree) pada Tahun 2001 Aktif sebagai dosen di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram sejak

Tahun 1998. Supriono saat ini adalah Ketua Laboratorium Teknik Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas mataram dan Anggota Kelompok Penelitian Power Electronics and Drives Fakultas Teknik, Universitas Mataram sejak Tahun 2013. Bidang riset yang ditekuni adalah di bidang Konversi Daya untuk pegebangan Energi terbarukan (Renewable Energy). Dalam 10 tahun terakhir Supriono telah menghasilkan jurnal baik Nasional maupun Internasional dan juga prosiding konferensi Internasional. Ia juga sudah menulis buku buku berjudul Teknik Teknik Elektro bersama tim.