

SIMULASI DAN ANALISIS KINERJA BUCK CONVERTER DENGAN ZERO-VOLTAGE SWITCHING (ZVS)

Muhamad Rusdi

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Musamus

Email : rusdi_ft@unmus.ac.id

Abstrak

DC/DC converter merupakan salah satu perangkat elektronika daya yang menggunakan komponen semikonduktor sebagai saklar daya. Pengedalian saklar daya menggunakan Pulse Width Modulation (PWM) membuat saklar daya beroperasi on/off berdasarkan sinyal PWM yang dikirimkan. Frekuensi switching yang tinggi pada PWM mengakibatkan adanya rugi-rugi daya dan meningkatkan tekanan operasi saklar daya. Oleh karena itu dibutuhkan rangkaian tambahan yaitu Zero Voltage Switching (ZVS) yang terdiri dari komponen resonansi LC. Pada penelitian ini menggunakan frekuensi switching mencapai 50 kHz dengan menggunakan Mosfet IRF150 sebagai saklar daya. Hasil yang diperoleh cukup memuaskan dengan efisiensi daya yang diperoleh mencapai 84,38% dengan beban resistansi 100 Ω.

Kata kunci : Elektronika Daya, DC/DC converter, Buck Converter, Zero Voltage Switching (ZVS)

PENDAHULUAN

Elektronika daya menjadi salah satu bidang yang sangat berperan penting dalam perkembangan teknologi. Penerapannya dapat kita jumpai dalam dunia industri, kendaraan listrik, sistem energy terbarukan ataupun peralatan elektronik rumah tangga lainnya [1]–[4]. Oleh karena itu, pembahasan mengenai perangkat elektronika daya masih menjadi topik yang menarik untuk dibahas. Konverter DC/DC adalah salah satu perangkat elektronika daya yang berfungsi mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan keluaran DC pada level tegangan yang berbeda sesuai dengan nilai pada parameter *duty cycle* pada pulsa pengendali saklar semikonduktor. Umumnya konverter DC/DC terbagi dalam dua tipe utama yaitu konverter *pulse width modulated* (PWM) *hard-switching* dan konverter *resonant* dan *soft-switching* [5]. Penggunaan PWM sebagai pengendali saklar semikonduktor banyak diaplikasikan pada perangkat elektronika daya karena memiliki efisiensi yang tinggi, operasi frekuensi yang konstan relatif sederhana dan rangkaian

terintegrasi pengontrol yang mudah ditemukan dipasaran[6]. Namun, perkembangan penelitian belakangan ini mencoba untuk meminimalkan ukuran dari perangkat elektronika daya yaitu dengan meningkatkan *frequency switching* semikonduktor. Hal itu membuat adanya rugi-rugi daya, timbulnya *Electro Magnetic Interference* (EMI) akibat tingginya *frequency switching* dan meningkatkan tekanan pada saklar semikonduktor [5].

Permasalahan yang diakibatkan penggunaan *frequency switching* yang tinggi dapat diredam menggunakan teknik *resonant* dan *soft-switching* pada tipe kedua konverter DC/DC. Salah satunya yaitu *Zero Voltage Switching* (ZVS) cocok digunakan pada frekuensi tinggi. ZVS dengan gelombang kotak memanfaatkan kontrol waktu mati (t_{off}) yang konstan dan pengaturan keluran dapat dicapai dengan mengatur *frequency switching*. Penelitian mengenai ZVS sebelumnya susah banyak dilakukan[7]. Penerapan ZVS pada konverter buck-boost menghasilkan efisiensi daya yang baik dibandingkan *hard-switching* [8]. Selain itu penggunaan ZVS juga sudah

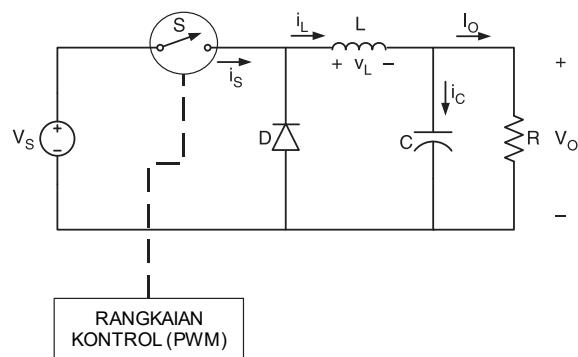
diterapkan pada frekuensi rendah dengan hasil yang baik[9].

Dari pembahasan diatas penelitian akan mencoba untuk menguji kinerja *buck converter* dengan menggunakan ZVS terhadap perubahan *frequency switching*. Pengujian dilakukan dengan metode simulasi pada perangkat lunak Pspice.

METODE PENELITIAN

A. Buck Converter

Buck Converter merupakan konverter DC/DC penurun tegangan seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Umumnya *buck converter* secara sederhana terdiri dari sumber tegangan (V_S), Dioda, Induktor, kapasitor, resistor sebagai beban dan sakelar daya. Arus pada induktor tidak pernah mencapai nol dan kondisi ini biasa disebut dengan mode continuous conduction mode (CCM). Hal itu disebabkan ketika sakelar daya pada kondisi mati, diode akan mengalirkan arus dan membuat arus pada inductor tidak terputus. Namun, converter dapat dikatakan mode discontinuous conduction mode (DCM) jika nilai arus rata-rata masukan rendah atau *frequency switching* rendah [5].



Gambar 1. Rangkaian sederhana Buck Converter

Sumber tegangan DC diubah menjadi level tegangan yang lebih rendah berdasarkan nilai dutycycle yang ditentukan. Oleh karena itu tegangan keluaran (V_O) dapat ditentukan dengan persamaan berikut [5]:

$$V_O = D \cdot V_S \quad (1)$$

Dimana D adalah rasio *Duty cycle*, dan V_S adalah Sumber tegangan DC. Untuk buck converter, penentuan mode CCM dan DCM berdasarkan nilai induktansi filter (L). Sehingga parameter L dapat diperoleh dengan persamaan,

$$L_b = \frac{(1 - D)R}{2f_S} \quad (2)$$

Dimana, untuk mode operasi CCM

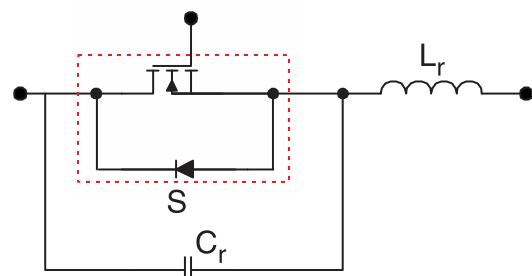
$$L > L_b \quad (3)$$

Sedangkan, penentuan parameter kapasitor (C) sebagai filter dapat diperoleh dengan persamaan,

$$C_{\min} = \frac{(1 - D)V_O}{8V_r L f_S^2} \quad (4)$$

B. Zero Voltage Switching (ZVS)

ZVS menggunakan rangkaian resonansi untuk membentuk gelombang voltase sakelar daya selama waktu mati (t_{off}) membuat kondisi *zero-voltage* untuk sakelar menyala. Rangkaian ZVS terdiri kapasitor C_r , Induktor L_r dan Diode seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Tegangan yang melintasi kapasitor akan berisolasi bebas. Dioda dihubungkan secara anti-paralel dengan sakelar daya. Hal itu menyebabkan sakelar resonansi dapat beroperasi dalam mode gelombang penuh. Induktor L_r dipasang secara seri dengan sakelar daya[5].



Gambar 2. Rangkaian Zero Voltage Switching (ZVS)

Penentuan parameter L_r dan C_r dapat dihitung dengan menentukan *frequency switching* (f_o) dan frekuensi resonansi (f_s) dengan ketentuan[5],

$$f_o \geq f_s \quad (5)$$

Atau,

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad (6)$$

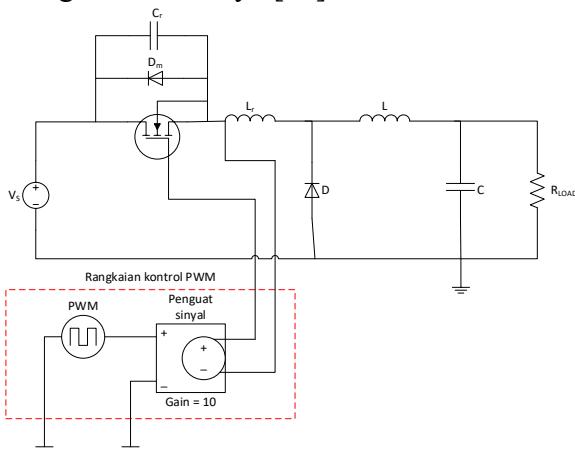
C. Efisiensi Daya

Efisiensi daya (P_{η}) merupakan hasil bagi dari daya keluaran (P_{out}) dan daya masukan (P_{in}) atau dapat dituliskan dengan persamaan berikut [6],

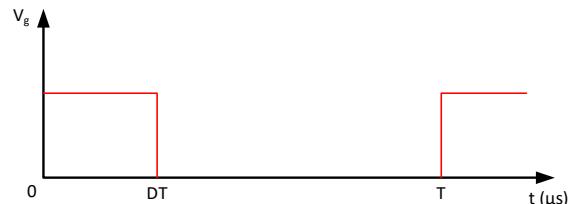
$$P_{\eta} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

METODE PENELITIAN

Gambar 3 dan 4 menunjukkan sistem yang akan dibahas pada penelitian ini dengan metode simulasi menggunakan perangkat lunak Pspice A/D Lite. Pada penelitian ini menggunakan saklar semikonduktor mosfet IRF150 dan ZVS digunakan untuk meredam rugi-rugi daya dan meminimalkan tekanan pada mosfet yang diakibatkan proses pengsakelaran. R_{LOAD} merupakan beban resistansi. Sedangkan, Rangkaian kontrol (PWM) digunakan untuk mengontrol mosfet sebagai saklar daya [10].



Gambar 3. Sistem buck converter dengan ZVS



Gambar 4. Pulsa Pengendali Mosfet

Parameter PWM pada gambar diatas diperoleh berdasarkan persamaan berikut,

$$T = \frac{1}{f_s} \quad (8)$$

Dan

$$DT = \frac{D}{f_s} \quad (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan parameter pada tabel 1. Berdasarkan persamaan-persamaan pada pembahasan sebelumnya. Percobaan dilakukan dengan menguji Buck Converter dengan variasi R_{LOAD} sebagai beban. Frekuensi switching yang di ujicoba hingga 50 kHz. Pengujian dilakukan dengan metode simulasi pada software Pspice.

Tabel 1. Penentuan Parameter

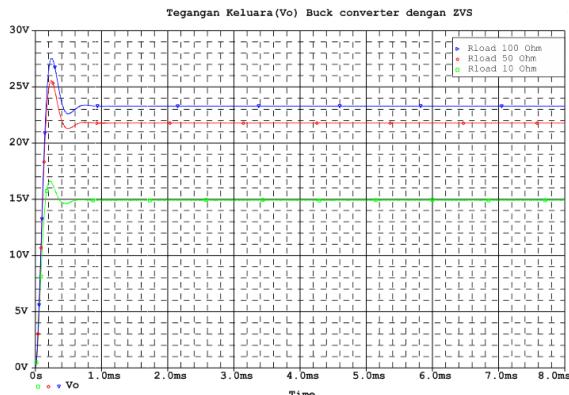
Parameter	Nilai Besaran
V_S	25 V
V_O	10 V
f_s	50 kHz
L	300 μ H
C	10 μ F
L_r	45 μ H
C_r	220 nF
R_{load}	10 Ω , 50 Ω , 50 Ω

Gambar 5 dan 6 menunjukkan tegangan keluaran (V_O) dan Arus Keluaran (I_O). Dimana berdasarkan hasil simulasi, tegangan keluaran dengan variasi R_{LOAD} , tegangan keluaran mengalami peningkatan berbanding lurus dengan peningkatan beban. Namun, Arus keluaran mengalami penurunan dengan meningkatnya R_{LOAD} sesuai dengan kaidah

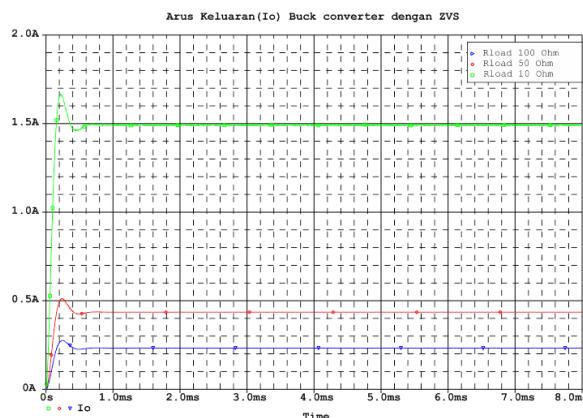
hukum Ohm. Hasil Pengukuran dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran V_o & I_o dengan variasi R_{load} .

Parameter	R_{load}		
	10 Ω	50 Ω	100 Ω
V_o (V)	14,924	21,773	23,277
I_o (A)	1,492	0,435	0,232



Gambar 5. Tegangan Keluaran (V_o) Buck converter dengan ZVS



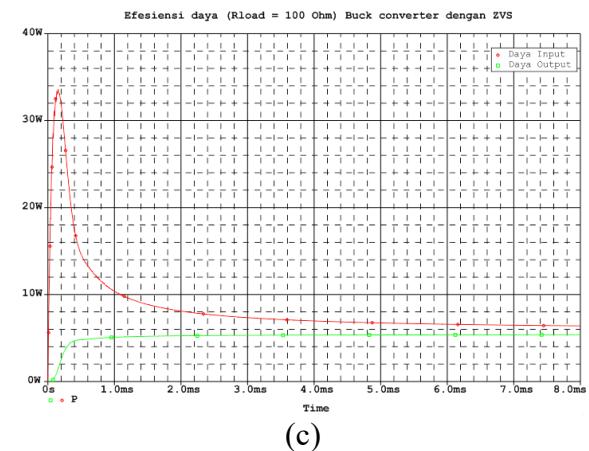
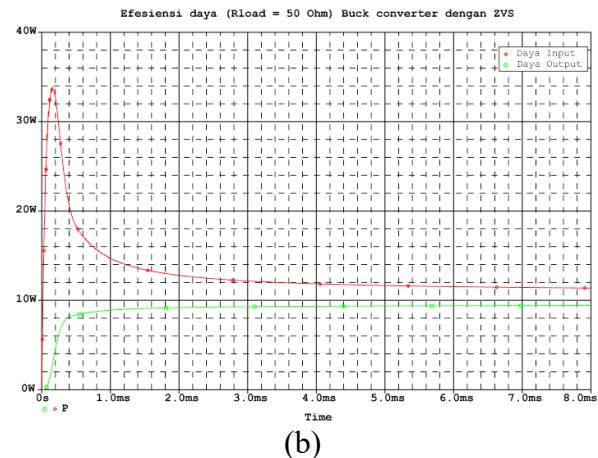
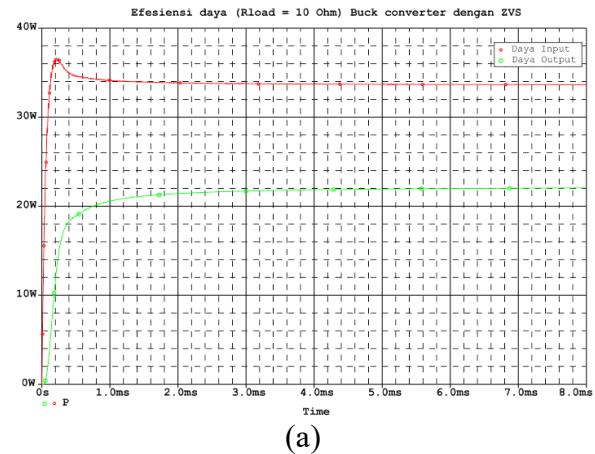
Gambar 6. Arus Keluaran (I_o) Buck converter dengan ZVS

Gambar 7 menunjukkan daya input dan output dari hasil pengukuran daya maka kita dapat memperoleh efisiensi daya dari buck converter dengan variasi R_{load} yang dilakukan. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan efisiensi daya, pengukuran daya input dan output.

Tabel 3. Efisiensi daya dengan variasi R_{load}

Paramet er	R_{load}					
	10 Ω		50 Ω		100 Ω	
	P_{in}	P_{out}	P_{in}	P_{out}	P_{in}	P_{out}

Daya (P)	33,4	22,05	11,3	9,4	6,4	5,4
Efisiensi i (%)	66,02	83,19	84,38			



Gambar 7. Efisiensi daya (a) $R_{load} 10\Omega$ (b) $R_{load} 50\Omega$ (c) $R_{load} 100\Omega$ Buck converter dengan ZVS

KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan sebuah perangkat buck converter dengan ZVS yang disimulasikan menggunakan perangkat lunak Pspice. Saklar semikonduktor menggunakan mosfet IRF150 dengan pengendali PWM. Frekuensi yang digunakan mencapai 50kHz. Berdasarkan dari hasil simulasi yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa efisiensi tertinggi mencapai 84,38 % diperoleh pada variasi beban $R_{load} = 100\Omega$. Peningkatan beban menyebabkan meningkatnya tegangan dan berbanding terbalik dengan arus pada beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jayadi and D. Hardiantono, "Desain Modul Pengukuran Potensi Pompa Listrik Tenaga Angin (Studi Kasus PTL-Angin Kapasitas 100 Watt)," *Mustek Anim Ha*, vol. 3, no.3, 2014.
- [2] D. Hardiantono and F. H. Sumbung, "Rancang Bangun Unit Pembangkitan Dan Modul Pengukurannya Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Angin Dan Matahari)," *Mustek Anim Ha*, vol. 5, no. 3, pp. 231–245, 2016, doi: 10.35724/mustek.v5i3.629.
- [3] M. Rusdi, F. A. Samman, and R. S. Sadjad, "FPGA-based electronic pulse generator for single-phase DC/AC inverter," in *2019 International Conference on Information and Communications Technology, ICOIACT 2019*, 2019, pp. 756–760, doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938571.
- [4] D. A. P. Paulus Mangera, "Analisis Menggunakan Pemodelan untuk Pengendalian Motor Listrik Studi Kasus Motor 1750 RPM/60 HP/240 Volt," *J. Ilm. Mustek*, vol. 2, no. 3, 2013.
- [5] M. H. Rashid, *The power electronics handbook*. 2001.
- [6] R. Marsal, M. Facta, and Karnoto,
- [7] "Perancangan DC-DC Converter Buck Quasi Resonant Dengan Mode Pensaklaran Zero Current Switching (ZCS) dan Zero Voltage Switching (ZCS)," *Transient*, p. 6, 2014.
- [8] W. Yu, J. S. Lai, and S. Y. Park, "An improved zero-voltage switching inverter using two coupled magnetics in one resonant pole," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 25, no. 4, pp. 952–961, 2010, doi: 10.1109/TPEL.2009.2030197.
- [9] C.-M. Wang, "Zero-voltage-switching DC/AC inverter," *IET Electr. Power Appl.*, vol. 1, no. 5, pp. 643–656, 2007, doi: 10.1049/iet-epa.
- [10] R. Widiyanto, M. Facta, and A. Warsito, "Perancangan E Class Zero-Voltage Switching π 1b Resonant Inverter Frekuensi Rendah Dengan Pemicuan IC SG 3524," *Transient*, vol. 7, no. 1, p. 92, 2018, doi: 10.14710/transient.7.1.92-99.
- [10] M. H. Rashid, *Power Electronics Handbook*, Third Edition (Rashid, M.H.; 2011) [Book News]. 2011.