

Perbaikan Performa DC-Link Inverter Satu Fasa Menggunakan Interleaved DC-DC Boost Konverter pada Aplikasi Photovoltaics

Fauzan Ismail*, Yusreni Warmi, Andi M. Nur Putra

Institut Teknologi Padang, Padang

E-mail: fauzan.ismail@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents the usage of interleaved dc-dc boost konverter on photovoltaic system. The interleaved dc-dc boost konverter topology will reduce input current ripple, output voltage ripple, and current stressed on switching component, hence this konverter can be implemented for high power konverter and high voltage output. The performance comparison between interleaved dc-dc boost konverters with conventional boost konverter will be simulated by PSIM software. Both of dc-dc konverters with 1kW power, 60 volt of input voltage, and 300 volt of output voltage will be verified.

Keywords: Performance, interleaved, photovoltaics.

ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan penggunaan Interleaved dc-dc boost konverter pada aplikasi photovoltaics. Topologi interleaved dc-dc boost konverter dapat mengurangi riak arus masukan, riak tegangan keluaran, dan memperkecil arus yang melalui komponen switching, sehingga konverter ini dapat diimplementasikan pada daya besar dan tegangan output yang besar. Perbandingan performa antara interleaved dc-dc boost konverter dengan konverter boost konvensional, disimulasikan menggunakan software PSIM. Kedua konverter dc-dc dengan daya 1kW, tegangan input 60V dan tegangan output 300V akan diverifikasi.

Kata kunci: Performa, interleaved, photovoltaics.

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan menjadi alternatif pengembangan sumber listrik dimasa yang akan datang. Photovoltaics (PV) menjadi salah satu pilihan sumber energi yang sangat mungkin untuk diaplikasikan diberbagai bidang seperti industri, perumahan, pertanian, dan lain lain. Adapun salah satu komponen terpenting dari sistem PV adalah konverter dc-dc. Konverter dc-dc akan mengubah suatu nilai besaran parameter tegangan dan arus dari solar panel menjadi nilai besaran yang diperlukan oleh inverter, ataupun nilai besaran yang diperlukan oleh beban.

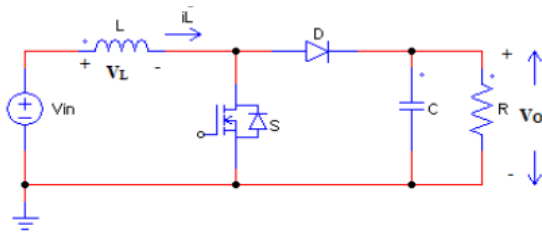
Banyaknya pengembangan sistem konverter dc-dc dapat di kelompokkan menjadi; 1. konverter *buck* yaitu konverter dengan tegangan output akan bernilai kecil atau sama dengan tegangan input, 2. konverter *boost* yaitu konverter dengan tegangan output akan relatif lebih besar dari tegangan inputnya, 3. Konverter *buck-boost* yaitu konverter yang memiliki tegangan keluaran dengan batas yang dapat lebih kecil ataupun lebih besar dari tegangan inputnya. Dalam penerapannya konverter boost menjadi sub-sistem PV yang akan mengkonversi tegangan keluaran PV menjadi tegangan masukan inverter satu fasa.

Di tahun 2017 [1] memaparkan 6 topologi *ultra-high step-up dc-dc konverter* ; 1. *Voltage Multiplier Cell*, 2. *Charge Pump*, 3. *Multilevel* 4.

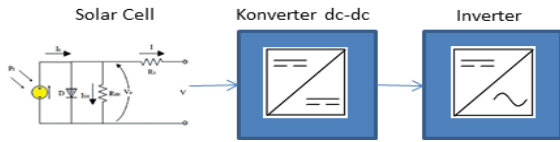
Interleaved, 5. *Voltage lift*, 6. *Couple Inductor atau Transformer*. Konfigurasi konverter dc-dc ini bertujuan tuntut menggandakan tegangan, meminimalisasi riak arus masukan dan riak tegangan keluaran, mendapatkan performa dc-dc konverter dengan efisiensi yang baik, dan mengurangi *voltage stress* pada komponen semikonduktor.

Boost konverter konvensional pada gambar 1 akan memberikan *voltage stress* yang tinggi pada semikonduktor untuk aplikasi dc-dc konverter bertegangan tinggi dan berdaya tinggi. Untuk mengurangi *voltage stress* pada semikonduktor metoda *voltage multiplier* dapat diaplikasikan pada dc-dc konverter, hanya saja efisiensi sistem akan menurun dengan penambahan cell pada konfigurasi dc-dc konverter [2]. Untuk memperbaiki efisiensi dapat mengaplikasikan metoda *soft switching* terhadap dc-dc konverter [3 – 4]. Interleaved boost konverter dengan mengkopel dua induktor dalam satu inti telah disimulasikan [5] pada aplikasi berdaya tinggi, sehingga daya output meningkat dan riak tegangan output berkurang.

Tulisan ini membahas performa konverter boost konvensional dan konverter interleaved boost, dengan memperhatikan riak pada tegangan dan arus input juga *stress* tegangan yang terjadi pada komponen switching. Sehingga memberikan performa terbaik untuk diaplikasikan pada daya 1



Gambar 1 Konverter boost konvensional



Gambar 2 Sistem photovoltaics

kW, tegangan input 18-60, dan tegangan output 380V

2. KONVERTER DC-DC BOOST KONVENSIIONAL

Gambar 2 memperlihatkan sistem Photovoltaic secara umum. Konverter dc-dc sangat berpengaruh dalam menentukan performa keluaran inverter. 100Wp panel surya akan menghasilkan tegangan open circuit Voc 21.5V dan arus open circuit Ioc 4.5A. Sehingga konverter dc-dc perlu menaikkan 21.5V tegangan masukan menjadi 380V pada keluaran konverter dc-dc. Tegangan inilah yang akan dirubah oleh inverter menjadi tegangan ac 220V.

Konverter boost konvensional diperkenalkan sebagai konverter pelipat ganda tegangan dengan topologi yang sederhana dan komponen yang relatif sedikit. Konverter boost juga akan beroperasi pada *Continuous Current Mode (CCM)*. Jika transistor aktif dengan arti bahwa saklar tertutup, sehingga tiada arus yang mengalir pada beban maka,

$$V_L = V_{in} \tag{1}$$

$$L \frac{di_L}{dt} = V_{in} \tag{2}$$

$$\Delta i_{L(tutup)} = \frac{DTV_{in}}{L} \tag{3}$$

Jika transistor tidak aktif atau saklar terbuka, maka arus mengalir pada beban maka,

$$V_L = V_{in} - V_o \tag{4}$$

$$L \frac{di_L}{dt} = V_{in} - V_o \tag{5}$$

$$\Delta i_{L(buka)} = \frac{(V_{in} - V_o)(1 - D)T}{L} \tag{6}$$

pada kondisi steady-state,

$$\Delta i_{L(buka)} + \Delta i_{L(tutup)} = 0 \tag{7}$$

$$\frac{(V_{in} - V_o)(1 - D)T}{L} + \frac{DTV_{in}}{L} = 0 \tag{8}$$

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1}{(1 - D)} \tag{9}$$

dimana,

D = duty cycle

T = Periode dalam satu cycle

V_{in} = Tegangan input

V_o = Tegangan output

Jika diasumsikan daya masukan sama dengan daya keluaran, maka arus yang melintasi induktor adalah,

$$Daya Input = Daya Output$$

$$V_{in}I_{in} = \frac{V_o^2}{R} \tag{10}$$

$$V_{in}I_L = \frac{\left(\frac{V_{in}}{1 - D}\right)^2}{R} \tag{11}$$

Maka,

$$I_L = \frac{V_{in}}{(1 - D)^2 R} \tag{12}$$

sehingga didapat arus maksimum yang melewati induktor,

$$\begin{aligned} I_{Lmax} &= I_L + \frac{\Delta I_L}{2} \\ &= \frac{V_{in}}{(1 - D)^2 R} + \frac{V_{in}DT}{2L} \end{aligned} \tag{13}$$

arus minimum yang melewati induktor,

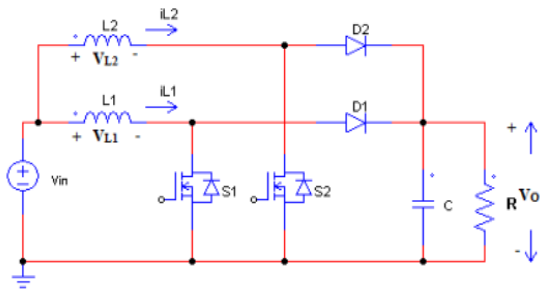
$$\begin{aligned} I_{Lmin} &= I_L - \frac{\Delta I_L}{2} \\ &= \frac{V_{in}}{(1 - D)^2 R} - \frac{V_{in}DT}{2L} \end{aligned} \tag{14}$$

Nilai induktor dan kapasitor berpengaruh pada performa konverter boost, nilai minimum induktor akan menentukan bost konverter bekerja pada CCM, dan nilai kapasitor akan mempengaruhi riak tegangan keluaran.

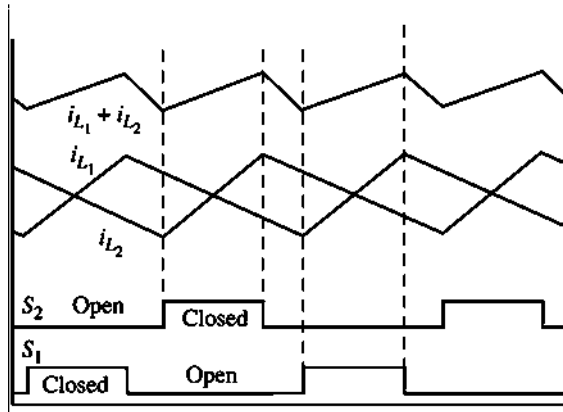
$$I_{Lmin} \geq 0 \tag{15}$$

$$L_{min} = \frac{D(1 - D)^2 TR}{2} \tag{16}$$

$$L_{min} = \frac{D(1 - D)^2 R}{2f} \tag{17}$$



Gambar 3 Konverter boost interleaved



Gambar 4 Model switching konverter interleaved boost

dan nilai minimum kapasitor,

$$\Delta Q = \frac{V_o DT}{R} = C \Delta V_o \tag{18}$$

$$\Delta V_o = \frac{V_o DT}{R} = C \Delta V_o \tag{19}$$

$$r = \frac{\Delta V_o}{V_o} = \frac{D}{RCf} \tag{20}$$

Sehingga,

$$C_{min} = \frac{V_o D}{\Delta V_o R f} \tag{21}$$

- R = Resistansi beban
- f = Switching frekuensi
- ΔV_o = perubahan tegangan keluaran
- r = faktor ripple / riak

3. KONVERTER DC-DC INTERLEAVED

Gambar 3 di atas menampilkan konverter boost interleaved, yang merupakan interkoneksi dua atau lebih konverter boost. Sinkronisasi pulsa switching yang dilakukan pada konverter boost interleaved beroperasi dengan teknik pergeseran fasa.

Konverter boost interleaved akan bekerja dengan 4 model konfigurasi switching S1 dan S2. Gambar 4 menampilkan konfigurasi tersebut untuk kondisi CCM.

Model 1: S1=ON, dan S2=OFF

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_{in}}{L} \tag{22}$$

$$\frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in} - V_o}{L} \tag{23}$$

Model 2: S1=OFF, dan S2=OFF

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in} - V_o}{L} \tag{24}$$

Model 3: S1=OFF, dan S2=ON

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{V_{in} - V_o}{L} \tag{25}$$

$$\frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in}}{L} \tag{26}$$

Model 4: S1=ON, dan S2=OFF

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{di_{L2}}{dt} = \frac{V_{in} - V_o}{L} \tag{27}$$

4. HASIL DAN ANALISA

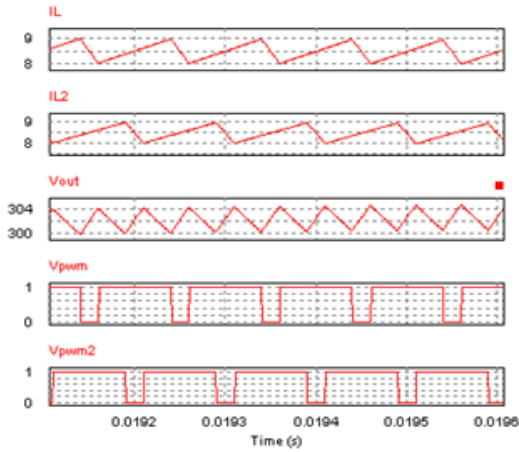
Data hasil didapat dari simulasi menggunakan software PSIM, penentuan nilai kapasitor dan inductor yang diberikan pada rangkaian merupakan nilai perhitungan matematis yang sesuai dengan persamaan 17 dan 21. Eksperimen pertama yaitu perhitungan nilai minimum induktor dan kapasitor dengan variasi dutycycle, seperti yang ditampilkan tabel 1. Nilai perhitungan ini sangat mempengaruhi riak arus input dan riak tegangan output.

Data perhitungan tabel 1 akan dipakai sebagai pengujian simulasi pada konverter boost konvensional dan konverter boost interleaved. Dari pengujian ini akan diperlihatkan adanya pengurangan riak arus dan tegangan, penurunan arus yang melewati komponen switching, serta perbaikan performa konverter.

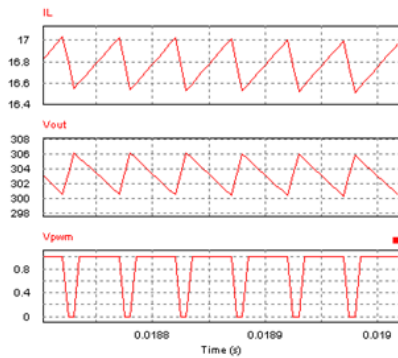
Penurunan arus switching menggunakan konverter boost interleaved memberikan kelebihan dalam menjaga umur komponen switching. Eksperimen kedua memperlihatkan perbandingan konverter boost konvensional dan konverter boost interleaved, bahwa adanya penurunan arus pada

Tabel 1 Perhitungan nilai maksimum kapasitor dan induktor

D	R (ohm)	Vout (V)	r (V)	Vin (V)	C (µF)	L (µH)
0.8	90	300	10	60	13,33	1152
0.6	22,5	150	10	60	20	121
0.5	14,25	120	10	60	23,16	44,5
0.4	10	100	10	60	20	16
0.2	5,6	75	10	60	13,39	1,12



Gambar 5 Konverter boost interleaved dengan D= 0.8

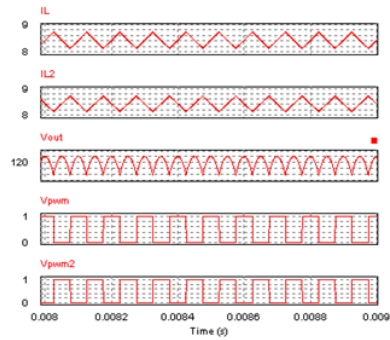


Gambar 6 Konverter boost konvensional dengan D= 0.8

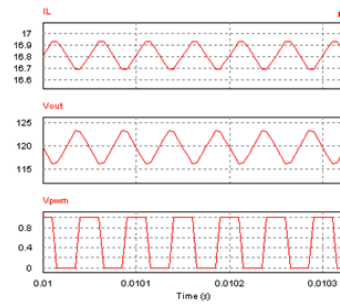
komponen switching seperti pada gambar 5 dan 6. Dengan perlakuan sama bahwa sirkuit didisain untuk penggunaan daya 1 kW, inductor 5 mH, dan kapasitor 24 uF.

Pada dutycycle 0.8 didapat tegangan keluaran kedua konverter rata-rata 300 volt. Arus switching pada konverter boost konvensional rata-rata 16,8 volt dengan riak 1,5 volt (Gambar.4). Sedangkan konverter boost interleaved, arus switching rata-rata 8,4 volt dengan riak 1 volt (Gambar.5). begitu juga dengan percobaan pada gambar 7 dan 8 memperlihatkan penurunan arus yang signifikan.

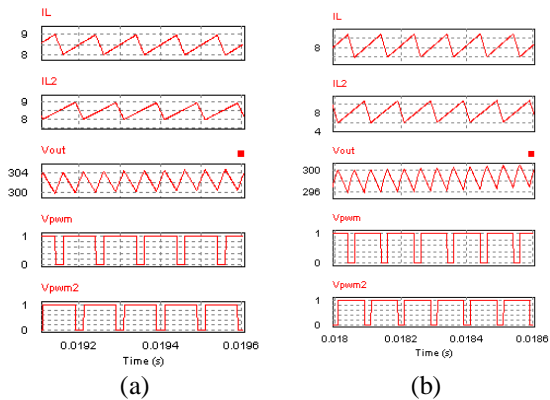
Sedangkan untuk Experiment ketiga, variasi nilai Induktor akan berpengaruh kepada riak arus input. Sedangkan variasi Capacitor akan berpengaruh pada riak tegangan output. Gambar.9 memperlihatkan perubahan riak arus input dengan merubah nilai inductor. Nilai inductor pada gambar.9a adalah 5mH dengan tegangan riak 1volt, sedangkan nilai inductor pada gambar 9b adalah 1mH dengan tegangan riak 4 volt. Gambar.10. menjelaskan perubahan riak tegangan output dengan memberikan variasi pada kapasitor. Nilai kapasitor pada Gambar.10a adalah 24uF memperlihatkan riak tegangan 4 volt, sedangkan gambar.10b memperlihatkan riak tegangan 7,5 volt pada penggunaan kapasitor 14uF.



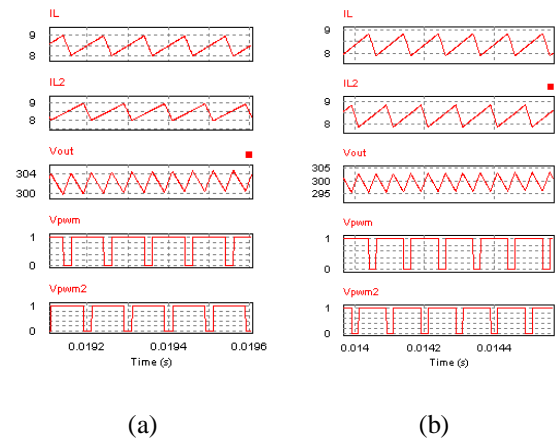
Gambar 7 Konverter boost interleaved dengan D= 0.5



Gambar 8 Konverter boost konvensional dengan D= 0.5



Gambar 9 Pengujian variasi induktor, (a) induktor 5 mH; (b) induktor 1 mH



Gambar 10 Pengujian variasi induktor, (a) kapasitor 24 uF; (b) kapasitor 14 uF

5. KESIMPULAN

Penggunaan konverter boost interleaved pada photovoltaic dapat di implementasikan pada daya yang besar jika dibandingkan dengan menggunakan konverter boost konvensional. Ini terlihat dari hasil simulasi bahwa arus yang melalui komponen switching pada konverter boost interleaved lebih kecil dibandingkan konverter boost konvensional. Sedangkan riak arus masukan dan riak tegangan keluaran akan dipengaruhi oleh nilai induktor dan nilai kapasitor yang diberikan pada rangkaian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yam.P.Siwakoti, Frede Blaabjerg, 2017, "A Single Switch Non-isolated Ultra Step-Up DC-DC Konverter with Integrated Coupled Inductor For High Boost Application, IEEE Transaction On Power Electronics.
- [2] Tohid Nouri, et.al., 2014, "Generalized Transformerless Ultra Step-Up DC-DC Konverter with Reduced Voltage Stress on Semiconductor", IET Power Electronics, vol.7, issue 11, pp.2791-2805.
- [3] Yong Cao, et.al., 2017, "A Novel Non-Isolated Ultra High Voltage Gain DC-DC Konverter with Low Voltage Stress", IEEE Transaction On Industrial Electronics.
- [4] Jae-Won Yang, Hyun Lark Do, 2017, "Soft Swithing Dual Flyback DC-DC Konverter with Improve Efficiency and Reduced Output Ripple Current", IEEE Transaction On Industrial Electronics.
- [5] Po-Wa Lee, et.al., 2000, "Steady-State Analysis of An Interleaved Boost Konverter with Coupled Inductor", IEEE Transaction On Industrial Electronics, vol 47.No.4, pp 787-795.