

# ANALISA MODA KONDUKSI PADA KONVERTER DC-DC ZETA

Anung

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala

## Abstrak

*Paper ini membahas analisis moda konduksi pada konverter dc-dc Zeta. Berdasarkan arus yang mengalir pada induktor, maka analisis dilakukan pada tiga kondisi yaitu moda konduksi kontinyu, moda konduksi kritis dan moda konduksi tidak kontinyu. Hasil dari analisis pada moda konduksi kontinyu dan konduksi kritis membuktikan bahwa konverter dc-dc Zeta merupakan konverter penaik penurun tegangan yang hanya dikendalikan oleh siklus kerja dari saklar semikonduktor. Sedangkan analisis pada moda konduksi tidak kontinyu membuktikan bahwa tegangan keluaran tidak hanya dikendalikan oleh siklus kerja saja melainkan juga dipengaruhi oleh perubahan beban. Saran selanjutnya perlu dilakukan pengujian di laboratorium.*

**Kata Kunci:** Zeta konverter, moda konduksi, penaik/penurun tegangan

## Abstract

*The Conduction mode of the DC to DC Zeta converter was analyzed in this paper. Based on an electric current in the inductor, the analysis carried out on three conditions such as continuous conduction modes, critical conduction modes, and discontinuous conduction modes. According to the analysis, the relationships between the output voltage and the input voltage are an up voltage converter and a down voltage converter which only controlled by duty cycle of the semiconductor switch. In discontinuous mode, the converter output voltage can be controlled not only by the duty cycle, but also by the load changes. For more suggestions need to be made in laboratories to improve analysis.*

**Keywords:** zeta converter, conduction mode, up / down voltage

## 1. PENDAHULUAN

Konverter arus searah – arus searah (dc-dc) secara luas digunakan dalam catu daya searah moda pensaklaran yang teregulasi dan aplikasi pengaturan putaran motor arus searah. Masukan tegangan searah biasanya tidak teregulasi yang diperoleh dari penyearahan tegangan jala-jala, oleh karena itu tegangan keluaran akan berfluktuasi sesuai perubahan tegangan bolak-balik jala-jala. Konverter dc-dc moda pensaklaran digunakan untuk merubah tegangan masukan searah yang tidak teregulasi menjadi tegangan keluaran searah yang teregulasi.

Untuk memperoleh tegangan keluaran yang tetap konverter as-as biasanya dikendalikan dengan teknik modulasi lebar pulsa, hal ini karena

mudah dalam pengendaliaanya dan dapat beroperasi pada frekwensi tetap sehingga nilai komponen L dan C dapat dioptimalisasi.

Dilihat dari tegangan keluarannya konverter as-as yang tidak terisolasi elektrik dibagi kedalam tiga kelompok yaitu: penaik tegangan, penurun tegangan dan penaik/penurun tegangan. Berdasarkan arus yang mengalir pada induktor tapis dalam keadaan tunak akan diuraikan kerja konverter as-as zeta.

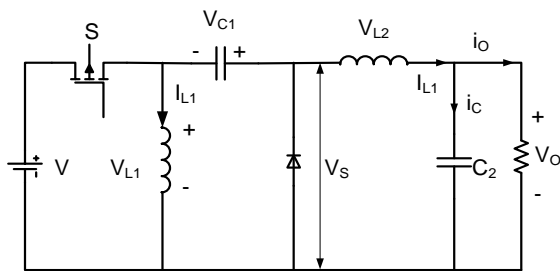
## 2. METODE PENELITIAN

Berdasarkan arus yang mengalir pada induktor, moda konduksi pada konverter dc-dc Zeta dibagi kedalam tiga kondisi yaitu: (1). kondisi konduksi kontinyu, (2). kondisi konduksi kritis

dan (3). kondisi konduksi tidak kontinyu.

## 2.1. Konduksi Kontinyu

Yang dimaksud dengan konduksi kontinyu adalah bahwa arus yang melalui tapis induktor tetap mengalir selama interval off dari saklar semikonduktor. Rangkaian daya Zeta konverter diperlihatkan pada gambar 1.

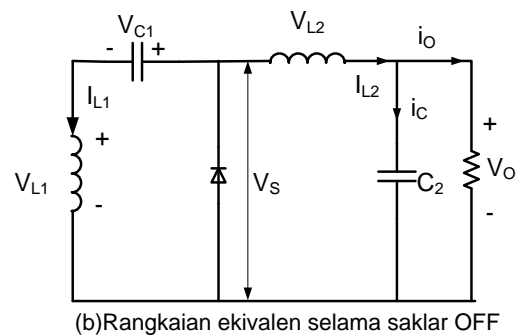
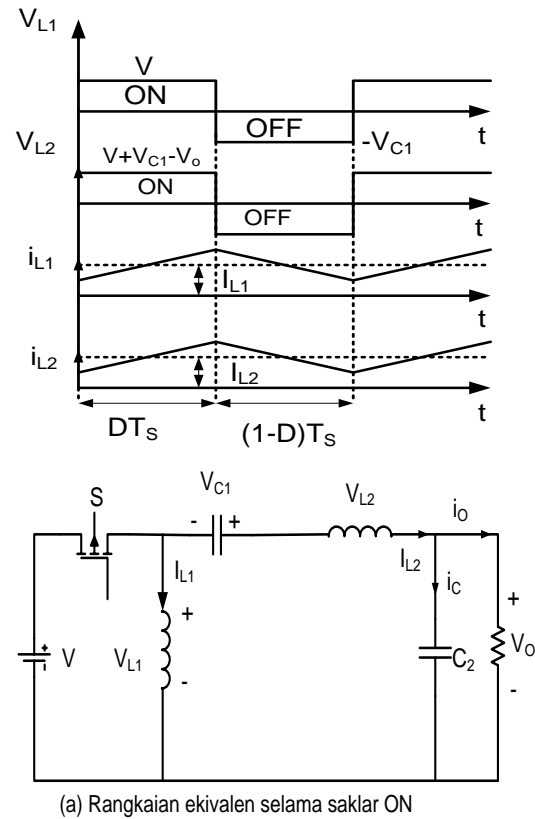


Gambar 1. Rangkaian daya konverter as-as Zeta

Pada gambar 2, ditunjukkan bentuk gelombang tegangan dan arus untuk kondisi konduksi kontinyu.

Selama saklar konduksi arus  $I_{L1}$  dan arus  $I_{L2}$  mengalir melalui saklar, dioda tidak konduksi karena dibias terbalik. Tegangan  $V_{L1}$  sama dengan  $V$  dan tegangan  $V_{L2}$  sama dengan  $V + V_{C1} - V_0$ , tegangan tersebut menyebabkan arus pada induktor  $L_1$  dan induktor  $L_2$  naik secara linier.

Sewaktu saklar di-off-kan arus  $I_{L1}$  dan arus  $I_{L2}$  tetap mengalir karena terdapatnya energy yang tersimpan di induktor  $L_1$  dan induktor  $L_2$  dan arus ini sekarang mengalir melalui diode. Karena diode  $D$  konduksi kontinyu maka tegangan  $V_{L1} = V_{C1}$  dan tegangan  $V_{L2} = -V_0$  selama interval off.



Gambar 2. Bentuk gelombang arus dan tegangan dari konverter dc-dc Zeta

Dalam keadaan tunak tegangan rata-rata pada induktor  $L_2$  dan pada induktor  $L_2$  sama dengan nol untuk satu perioda pensaklaran, maka:

- Persamaan tegangan rata-rata di induktor  $L_1$  adalah

$$\int_0^{T_s} V_{L1} dt = \int_0^{t_{on}} V_{L1} dt + \int_{t_{on}}^{T_s} V_{L1} dt = 0 \quad (1)$$

Dengan definisi:  $T_s = t_{on} + t_{off}$ ,  $D = t_{on}/T_s$ ,  $t_{on} = DT_s$  dan  $t_{off} = (1-D)T_s$

Dari persamaan (1) dan berdasarkan gambar 2. maka persamaan tegangan rata-rata di  $L_1$  adalah:

$$\int_0^{DT_s} V dt + \int_0^{(1-D)T_s} (-V_{C1}) dt = 0 \quad (2)$$

Dengan menyelesaikan persamaan (2) maka diperoleh

$$\frac{V_{C1}}{V} = \frac{D}{1-D} \quad (3)$$

b. Tegangan rata-rata di induktor  $L_2$  adalah

$$\int_0^{DT_s} (V + V_{C1} - V_o) dt + \int_0^{(1-D)T_s} (-V_o) dt = 0 \quad (4)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (3) ke dalam persamaan (4), setelah diuraikan maka diperoleh:

$$\frac{V_o}{V} = \frac{D}{1-D} \quad (5)$$

Dengan mengasumsikan tidak terjadi rugi-rugi pada konverter, maka hubungan arus keluaran dan arus masukan diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{in} &= P_{out} \\ \frac{I_o}{I_{in}} &= \frac{(1-D)}{D} \end{aligned} \quad (6)$$

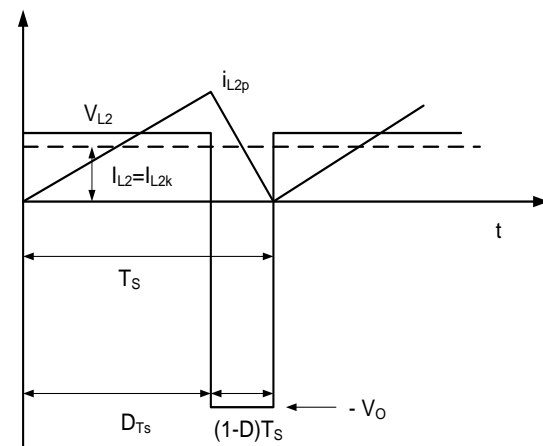
## 2.2. Konduksi Kritis

Konduksi kritis didefinisikan berdasarkan arus yang mengalir pada induktor  $L_2$  dimana arus tersebut sama dengan nol tepat diujung interval off. Dari gambar 3. arus rata-rata pada saat konduksi kritis adalah sama dengan luas segitiga arus  $i_{L2}$  selama  $t_{on} + t_{off}$ . Dengan demikian arus rata-rata pada induktor  $L_2$  setelah diuraikan

maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$I_{L2} = \frac{VDT_s}{2L_2} \quad (7)$$

Arus rata-rata  $I_{L2}$  dan arus  $I_o$  pada batas konduksi kritis dengan tegangan  $V_o$  tetap, berdasarkan persamaan (5) (6) dan (7) setelah diuraikan maka diperoleh persamaan:



Gambar 3. Bentuk gelombang arus dan tegangan pada induktor  $L_2$  dari konverter as-as Zeta pada kondisi konduksi kritis

$$I_{L2-kritis} = \frac{V_o T_s (1-D)}{2L_2} \quad (8)$$

Karena arus rata-rata kapasitor  $C_2$  sama dengan nol maka arus beban kritis  $I_{o-k}$  sama dengan arus  $I_{L2-k}$  dan arus keluaran kritis maksimum terjadi pada saat siklus kerja  $D=0$  sehingga persamaan (8) menjadi:

$$I_{o-kmak} = \frac{V_o T_s}{2L_2} \quad (9)$$

Hubungan arus keluaran kritis dan arus keluaran kritis maksimum diperoleh dari persamaan (8) dan (9) setelah diuraikan maka diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{I_{o-k}}{I_{o-kmak}} = (1 - D) \quad (10)$$

### 2.3. Konduksi Tidak Kontinyu

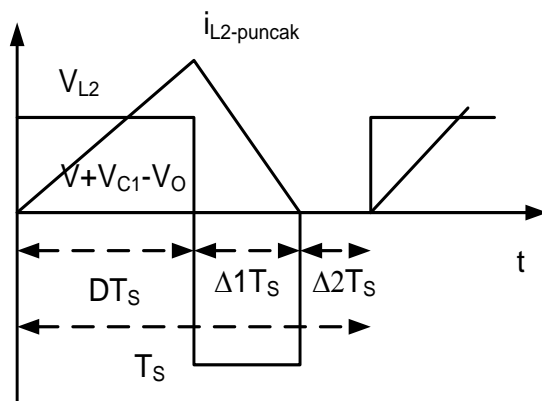
Konduksi tidak kontinyu didefinisikan bahwa arus  $I_{L2}$  sama dengan nol sebelum karakteristiknya interval off. Bentuk gelombang arus dan tegangan pada induktor tapis  $L_2$  ditunjukkan pada gambar 4.

Dengan menyamakan integral tegangan induktor dua selama satu periode pensaklaran sama dengan nol dan setelah diuraikan maka diperoleh

$$\frac{V_o}{V} = \frac{D}{\Delta_1} \quad (11)$$

Hubungan arus keluaran dan arus masukan pada kondisi konduksi tidak kontinyu dengan asumsi  $P_o = P_{in}$  adalah

$$\frac{I_o}{I_{in}} = \frac{\Delta_1}{D} \quad (12)$$



Gambar 4. Bentuk gelombang arus dan tegangan dari konverter as-as Zeta pada kondisi konduksi tidak kontinyu

Arus rata-rata induktor dua berdasarkan gambar 5. adalah

$$I_{L2} = I_o = \frac{(V+V_{C1}-V_o)DT_s(D+\Delta_1)}{2L_2} \quad (13)$$

Dengan asumsi bahwa persamaan (5) masih berlaku pada kondisi konduksi

tidak kontinyu sehingga persamaan (13) dapat disederhanakan menjadi:

$$I_o = \frac{VDT_s(D+\Delta_1)}{2L_2} \quad (14)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (11) ke dalam persamaan (14), setelah diuraikan maka diperoleh persamaan

$$I_o = \frac{VT_sD^2(1+\frac{V}{V_o})}{2L_2} \quad (15)$$

Bila persamaan (15) dibagi oleh persamaan (9) maka diperoleh persamaan sebagai berikut

$$\frac{I_o}{I_{o-kmak}} = D^2 \left(\frac{V}{V_o}\right)^2 \left(\frac{V_o}{V} + 1\right) \quad (16)$$

Dengan mempertahankan tegangan keluaran, maka siklus kerja sebagai fungsi arus  $I_o$  untuk macam-macam nilai  $V_o/V$  dari persamaan (16) setelah diuraikan maka diperoleh persamaan:

$$D = \frac{V_o}{V} \sqrt{\frac{I_o/I_{o-kmak}}{1+V_o/V}} \quad (17)$$

Dengan menggunakan persamaan (17) untuk kondisi konduksi tidak kontinyu persamaan (10) untuk kondisi konduksi kritis dan persamaan (5) untuk kondisi konduksi kontinyu, maka karakteristik konverter as-as Zeta dengan  $V_o$  dipertahankan tetap dapat dilihat pada gambar 7.

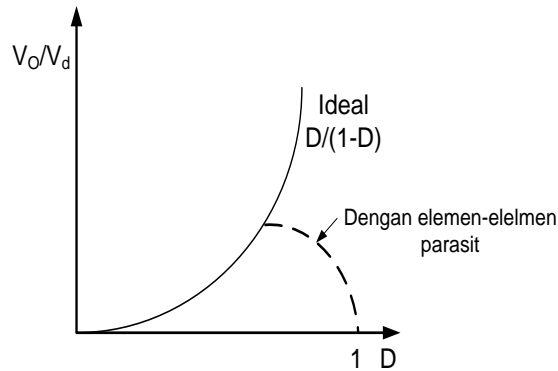
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dan pembahasan dapat dibagi ke dalam tiga bagian yaitu kondisi konduksi kontinyu, kondisi konduksi kritis, dan kondisi konduksi tidak kontinyu

### 3.1. Konduksi Kontinyu

Pada kondisi konduksi kontinyu, hubungan antara siklus kerja  $D$  dan perbandingan  $V_o/V_d$  dapat digambarkan seperti pada gambar 3. Karena adanya elemen parasit maka

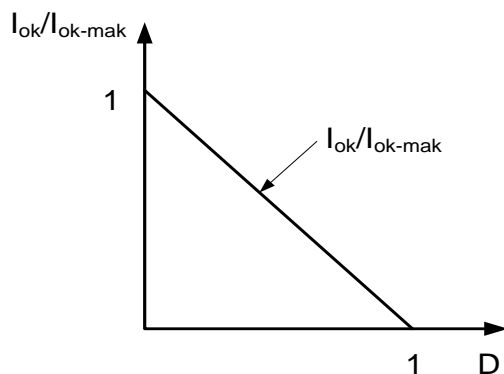
sewaktu  $D = 1$  tegangan keluaran sama dengan nol.



Gambar 5. Efek elemen-elemen parasit dalam perbandingan tegangan keluaran terhadap siklus kerja dari konverter as-as Zeta

### 3.2. Konduksi kritis

Pada kondisi konduksi kritis berdasarkan persamaan (10) dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 6.

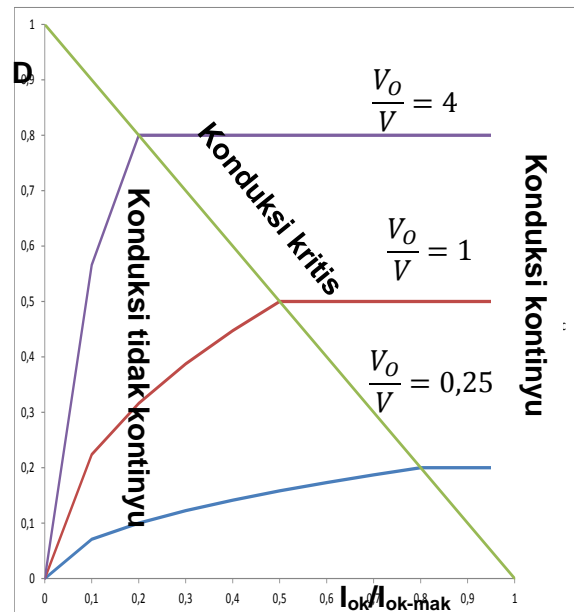


Gambar 6. hubungan antara  $I_{ok}/I_{ok-mak}$  dan  $D$  dari konverter as-as Zeta pada kondisi konduksi kritis

### 3.3. Konduksi tidak kontinyu

Pada kondisi Konduksi tidak kontinyu, dengan menggunakan persamaan (17) untuk kondisi konduksi tidak kontinyu persamaan (10) untuk kondisi konduksi kritis dan persamaan (5) untuk kondisi konduksi

kontinyu, maka karakteristik konverter dc-dc Zeta dengan  $V_o$  dipertahankan tetap dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Karakteristik konverter as-as Zeta dengan  $V_o$  dipertahankan tetap

## 4. SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa konverter DC-DC Zeta merupakan kelompok konverter penaik/penurun tegangan. Pada kondisi konduksi kontinyu dan kondisi konduksi kritis tegangan keluaran dapat dikendalikan melalui siklus kerja dari saklar semikonduktor. Pada kondisi konduksi tidak kontinyu tegangan keluaran selain dikendalikan oleh siklus kerja saklar semikonduktor juga dipengaruhi oleh perubahan arus beban.

Saran sebagai pengembangan selanjutnya perlu dilakukan percobaan di laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

[1] Anung, Asep Komarudin, 2016, **Analisis Karakteristik Konverter AC-AC Satu Fasa Berbeban Resistif Variabel**, Isu Teknologi STT Mandala Vol.11 No.1 Juli 2016 – ISSN 1979-4819

<https://www.sttmandalabdg.ac.id/ojs/index.php/JIT/article/download/16/16>

[2] Anung, Asep Hendra Kurniawan, 2018, **Reduksi Rugi-Rugi Pensaklaran Pada Dc Chopper Dengan Pensaklaran Tegangan Nol Untuk Pembangkit Gelombang Ultrasonik**, Jurnal Isu Teknologi STT Mandala Vol.13 No.1 Juli 2018 P-ISSN 1979-4819 E-Issn 2599-1930

<https://www.ejournal.sttmandalabdg.ac.id/Index.php/JIT/Article/Download/2/2>

[3] R Syafruddin, D Nataliana, R Hidayat, Anung, A G Mahardika and G D Ramady, 2021, **3 Phase Inverter Switching Algorithm for Industrial Needs**, Journal of Physics: Conference Series 1764 (2021) 012161 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1764/1/012161  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1764/1/012161/pdf>

[4] Anung Dan Rahmad Hidayat, 2014, **Meningkatkan Efisiensi Konverter Dc-Dc Penaik Tegangan Dengan Teknik Zero Voltage Switching (Zvs) Untuk Koreksi Faktor Daya Beban Nonlinier**, Jurnal Isu Teknologi Stt Mandala Vol.7 No.1 2014

<https://www.ejournal.sttmandalabdg.ac.id/index.php/JIT/article/download/2/2>

[5] Syafruddin R\*, Anung, Muntiyono, Ninik Sri Lestari, Salamatul Afiyah, Rahmad Hidayat, Andrew Ghea Mahardika, 2021, **Conventional Switching to Drive A Brush DC Geared Servomotor**, Journal of Physics: Conference Series 1933 (2021) 012086 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1933/1/012086

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1933/1/012086/pdf>