

# SIMULASI DAN ANALISIS *LOAD RESONANT & QUASI RESONANT DC - DC CONVERTERS* DENGAN PSIM VERSI 4.1

Fitria Panji Margaranu <sup>[\*]</sup>, Ir. Agung Warsito, DHET <sup>[\*\*]</sup>, Susatyo Handoko, ST,MT <sup>[\*\*]</sup>  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Elektro Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

**Abstrak** – Resonant converter is a combination between the use of resonant topology and its proper switching strategy, so that the switching process under zero voltage and or zero current condition can be achieved. In these conditions, the overall switching losses can be significantly reduced. So that it will increase the efficiency of power converter devices. In addition, because of the significantly reduction in switching stress, the switching devices will be more durable and can be operated near its maximum operating frequency.

This paper presents the simulation and analysis of load resonant and quasi resonant DC – DC converters. In the load resonant chapter presents three type of its topology, series loaded, parallel loaded, and hybrid loaded resonant converter. And for each of these topology consist of three operation model, discontinuous conduction model with  $\omega_S < \frac{1}{2} \omega_0$ , continuous conduction model with  $\frac{1}{2} \omega_0 < \omega_S < \omega_0$ , and continuous conduction model with  $\omega_S > \omega_0$ . While for the quasi resonant topology, this paper presents the two main classifications, there are zero current switching and zero voltage switching topology. For the overall of these resonant converters topology, the output voltage regulation is using switching frequency variation.

From the results of simulation and analysis, the series resonant converter can only act as step-up converter. While the parallel and hybrid resonant converters can act as both of step-up and step-down converters with the difference is in their steady state operation characteristics. For the quasi resonant topology, both of the zero current switching and zero voltage switching quasi resonant converters have only the step-down characteristic. The difference between these quasi resonant topologies is also in their steady state operation characteristics.

Key word : resonant, converter, zero current switching, zero voltage switching

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada teknik PWM, operasi buka tutup saklar terjadi pada kondisi arus beban yang bekerja, sehingga hal ini akan menimbulkan rugi-rugi dan tekanan pensaklaran yang pada umumnya akan meningkat secara linier terhadap peningkatan frekuensi pensaklaran yang digunakan. Selain itu, operasi *hardswitching* ini juga akan menimbulkan komponen di/dt dan dv/dt yang besar, yang akan menimbulkan adanya EMI (*Electro Magnetic Interference*).

Sebagai bentuk perkembangan dari PWM *hardswitching* tadi adalah dengan disisipkannya rangkaian *dissipative snubber* pada piranti pensaklaran. Dengan adanya tambahan rangkaian ini, tekanan dan rugi-rugi pensaklaran yang terjadi pada piranti pensaklaran dapat dipindahkan ke rangkaian *dissipative snubber*, tetapi rugi-rugi pensaklaran ini tidak dapat dihilangkan (masih tetap ada).

Metode resonansi merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengatasi rugi-rugi dan tekanan pensaklaran. Dengan metode resonansi ini dapat dicapai fenomena pensaklaran yang terjadi pada kondisi arus nol dan atau tegangan nol. Dengan metode ini rugi-rugi dan tekanan pensaklaran dapat diperkecil, sehingga efisiensi sistem pengubah daya akan menjadi lebih baik, piranti pensaklaran dapat lebih awet, serta dapat meningkatkan batas maksimum frekuensi pensaklaran.

### 1.2. Tujuan

Tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini adalah mensimulasikan dan menganalisis tentang *Load Resonant* dan *Quasi resonant DC – DC Converter*.

### 1.3. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Tidak melakukan realisasi perangkat keras.
2. Konverter yang dibahas adalah konverter DC – DC metode resonansi beban dan resonansi quasi.
3. Pada konverter resonansi beban, yang dibahas adalah tipe pensaklaran setengah jembatan.

4. Pada konverter resonansi quasi, yang dibahas adalah tipe pensaklaran setengah gelombang.

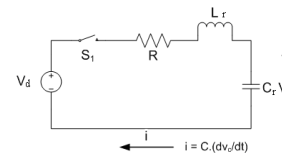
5. Tidak membahas perhitungan matematis komponen filter, komponen filter dipilih dengan nilai perbandingan yang cukup besar jika dibandingkan dengan nilai komponen resonansinya [5, 8].

## II. DASAR TEORI

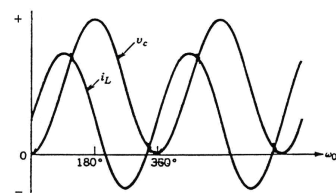
### 2.1 Prinsip Dasar Rangkaian Resonansi

Rangkaian resonansi merupakan suatu rangkaian yang bekerja dengan memanfaatkan sifat alami dari komponen kapasitor dan induktor. Kedua komponen ini bersifat saling bertolak belakang, jika dikombinasikan keduanya akan bersifat seperti ayunan. Kapasitor menyimpan energi dalam bentuk tegangan sedangkan induktor menyimpan energi dalam bentuk arus. Saat kapasitor melakukan fase pelepasan maka pada saat yang bersamaan induktor mengalami fase pengisian (pengisian dan pelepasan yang saling bergantian). Hasil dari ayunan ini adalah osilasi dari tegangan kapasitor dan arus induktor. Syarat terjadinya osilasi adalah kondisi sistem harus bersifat redaman kurang (*underdamp*).

#### 2.1.1 Rangkaian Resonansi Seri



(a)



Gambar 2.1 (a) Rangkaian resonansi seri  
(b) Karakteristik tanggapan alaminya

\*) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Undip  
\*\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Undip

Dari gambar 2.1 diatas, pergeseran tegangan kapasitor bisa sampai ke harga nol, tergantung dari besarnya redaman sistem (R). Terdapat suatu batasan maksimum harga R, dimana pada harga ini osilasi tegangan kapasitor tidak lagi mencapai harga nol.

**Prasyarat kondisi redaman kurang (underdamped)**

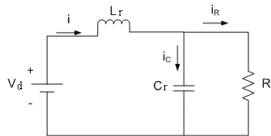
Dari gambar 2.1, jika saklar ditutup maka berdasarkan hukum kirchoff akan diperoleh persamaan,

$$R.i + \frac{1}{C_r} \int i(t) dt + v_C(t_0) + L_r \frac{di}{dt} = v_d \dots\dots\dots 2.1$$

Dalam persamaan karakteristik sitem orde 2, dan syarat redaman kurang  $\xi < 1$ , diperoleh persamaan,

$$\frac{R^2}{4.L_r^2} < \frac{1}{L_r.C_r} \dots\dots\dots 2.2$$

**2.1.2 Rangkaian Resonansi Seri Dengan Kapasitor Terpasang Paralel Dengan Beban (R)**



Gambar 2.2 Rangkaian resonansi seri,C paralel dengan R

Karakteristik tanggapan alaminya adalah sama dengan pada topologi resonansi seri seperti pada gambar 2.1.b.

**Prasyarat kondisi redaman kurang (underdamped)**

Dari gambar 2.2, maka berdasarka hukum kirchoff akan diperoleh persamaan,

$$i = i_C + i_R = \frac{v_C}{R} + C_r \frac{dv_C}{dt} = \frac{1}{L_r} \int v_L dt \dots\dots\dots 2.3$$

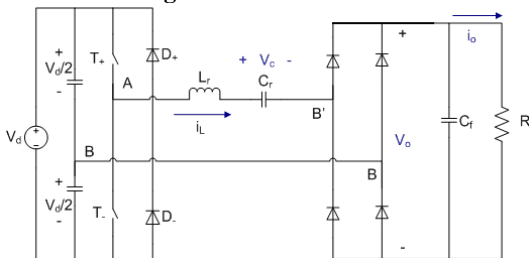
Dengan membawa kedalam persamaan karakteristik sitem orde 2, dan syarat redaman kurang  $\xi < 1$ , diperoleh,

$$\frac{L_r}{C_r} < 4.R^2 \dots\dots\dots 2.4$$

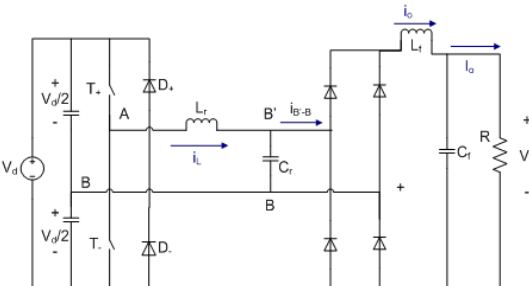
**2.2 Konverter DC – DC Resonansi Beban**

Konverter DC–DC resonansi beban dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu, seri,paralel, dan hibrid.

**2.2.1 Gambar Rangkaian**

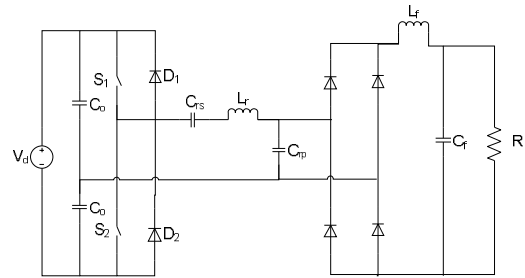


Gambar 2.3 Konverter DC-DC resonansi beban seri



Gambar 2.4 Konverter DC-DC resonansi beban paralel

\*) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Undip  
 \*\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Undip



Gambar 2.5 Konverter DC-DC resonansi beban hibrid

**2.2.2 Macam – Macam Mode Operasi**

Tiga jenis konverter resonansi beban ini memiliki mode operasi dan alur aliran arus yang sama. Macam mode operasinya adalah :

- a. Mode operasi konduksi diskontinyu dengan  $\omega_s < \frac{1}{2} \omega_o$ .  
 Pada mode ini buka dan tutup saklar terjadi pada kondisi arus dan tegangan saklar nol (kecuali pada saat hubung saklar, ini terjadi pada kondisi tegangan tidak nol).Piranti pensaklaran yang dipakai adalah thyristor (pembukaan saklar secara alami saat arus saklar nol).
- b. Mode operasi konduksi kontinyu dengan  $\frac{1}{2} \omega_o < \omega_s < \omega_o$ .  
 Pada mode ini fenomena pensaklaran pada kondisi arus dan tegangan nol hanya terjadi pada proses pembukaan saklar saja. Sedangkan pada penutupan saklar terjadi pada harga arus dan tegangan tertentu/tidak nol. Pada mode ini thyristor digunakan sebagai piranti pensaklarannya (proses pembukaan saklar secara alami).
- c. Mode operasi konduksi kontinyu dengan  $\omega_s > \omega_o$ .

Pada mode ini fenomena pensaklaran pada kondisi arus nol hanya terjadi pada proses penutupan saklar saja. Sedangkan pada pembukaan saklar terjadi pada harga arus dan tegangan tertentu/tidak nol. Pada mode ini tidak dapat menggunakan thyristor sebagai piranti pensaklarannya (proses pembukaan saklar secara paksa). Sebagai salah satu piranti pensaklaran yang dapat digunakan adalah MOSFET.

**2.2.3 Persamaan Tegangan keluaran**

Persamaan dibentuk dengan pendekatan gelombang sinusoidal dari bentuk gelombang arus induktor resonansi.

**A. Konverter Resonansi Beban Seri**

$$V_0 = \frac{V_d}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{X_L - X_C}{R_e} \right)^2}} \right)$$

dengan,  $X_L = \omega_s.L_r$  ;  $X_C = \frac{1}{\omega_s.C_r}$  ;  $R_e = \frac{8}{\pi^2} R$

**B. Konverter Resonansi Beban Paralel**

$$V_0 = \frac{4V_d}{\pi^2 \sqrt{\left( 1 - \frac{X_L}{X_C} \right)^2 + \left( \frac{X_L}{R_e} \right)^2}}$$

dengan,  $X_L = \omega_s.L_r$  ;  $X_C = \frac{1}{\omega_s.C_r}$  ;  $R_e = \frac{\pi^2}{8} R$

**C. Konverter Resonansi Beban hibrid**

$$V_0 = \frac{4V_d}{\pi^2 \sqrt{\left( 1 + \frac{C_p}{C_s} - \omega_s^2 L_r C_p \right)^2 + \left( \frac{\omega_s L_r}{R_e} - \frac{1}{\omega_s R_e C_s} \right)^2}}$$

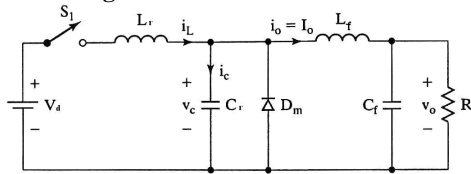
dengan,  $R_e = \frac{\pi^2}{8} R$

### 2.3 Quasi Resonant DC-DC Converters

Topologi ini disebut dengan istilah “quasi” (sebagian-sebagian), artinya, pada satu interval penuh pensaklaran tidak terbentuk seluruhnya oleh interval resonansi.

#### 2.3.1 Zero Current Switching Quasi Resonant Converter (ZCSQRC)

##### A. Gambar Rangkaian



Gambar 2.6 Gambar rangkaian ZCSQRC

##### B. Persamaan Tegangan Keluaran

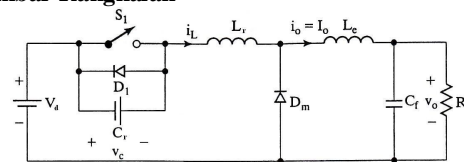
$$V_0 = V_d \cdot f_s \cdot \left[ \frac{t_1}{2} + (t_3 - t_1) + (t_4 - t_3) \right]$$

dengan,  $t_1 = \frac{I_0 \cdot L_r}{V_d}$  ;  $t_3 = \frac{1}{\omega_0} \left[ \sin^{-1} \left( \frac{I_0 \cdot Z_0}{V_d} + \pi \right) \right] + t_1$

$$t_4 = \frac{C_r \cdot V_d [1 - \cos \omega_0 (t_3 - t_1)]}{I_0} + t_3$$

#### 2.3.2 Zero Voltage Switching Quasi Resonant Converter (ZVSQRC)

##### A. Gambar Rangkaian



Gambar 2.7 Gambar rangkaian ZVSQRC

##### B. Persamaan Tegangan Keluaran

$$V_0 = V_d \left[ 1 - f_s \left( t_4 - \frac{t_1}{2} \right) \right]$$

dengan,  $t_1 = \frac{V_d \cdot C_r}{I_0}$  ;  $t_3 = \frac{1}{\omega_0} \left[ \sin^{-1} \left( \frac{V_d}{I_0 \cdot Z_0} + \pi \right) \right] + t_1$

$$t_4 = \frac{L_r \cdot I_0}{V_d} [1 - \cos \omega_0 (t_3 - t_1)] + t_3$$

## III. PERANCANGAN SIMULASI

### 3.1 Konverter DC – DC Resonansi beban / Load Resonant Converter (LRC)

#### 3.1.1 Perancangan Komponen

##### A. Resonansi Beban Seri

a.  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_r \cdot C_r}}$

b. Syarat kondisi *underdamped* :  $\frac{R^2}{4L_r^2} < \frac{1}{L_r C_r}$

##### B. Resonansi Beban Paralel

a.  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_r \cdot C_r}}$

b. Syarat kondisi *underdamped* :  $\frac{L_r}{C_r} < 4R^2$

##### C. Resonansi Beban Hibrid

a.  $f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_r \cdot C_r \text{ seri}}}$

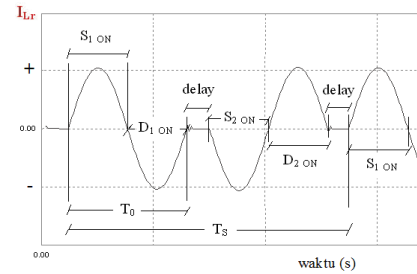
b. Syarat kondisi *underdamped* :  $\frac{R^2}{4L_r^2} < \frac{1}{L_r C_r}$

### 3.1.2 Perancangan Teknik Pensaklaran Dan Pemucuan

Untuk semua topologi resonansi beban (seri, paralel, hibrid), teknik pensaklarannya adalah sama.

#### A. Mode Konduksi Diskontinyu $\omega_s < 1/2 \omega_0$

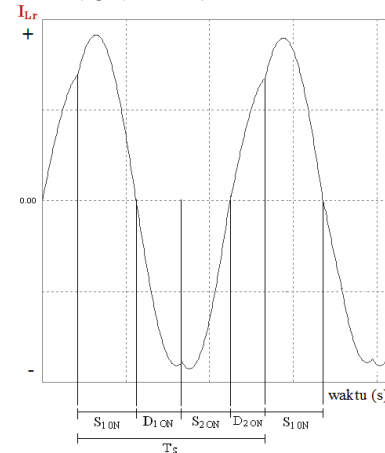
- $S_1$  dipicu pada sudut  $0^0$  sampai dengan sudut  $X^0$  dengan  $X < \frac{0,5T_0}{T_s} \cdot 360^0$
- $S_2$  dipicu pada sudut  $\frac{(T_0 + D)}{T_s} \cdot 360^0$  sampai  $Y^0$  dengan  $Y < \frac{(1,5T_0 + D)}{T_s} \cdot 360^0$



Gambar 3.1 Teknik pemucuan LRC mode 1

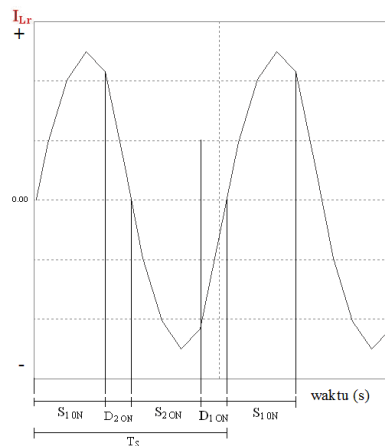
#### B. Mode Konduksi Kontinyu $1/2 \omega_0 < \omega_s < \omega_0$

- $S_1$  dipicu pada sudut  $0^0$  sampai sudut  $X^0$   $X < 1/2 T_0$ .
- $S_2$  dipicu pada sudut  $P^0$  sampai  $Q^0$  (dengan acuan P dan Q adalah perioda pensaklaran). Dengan :  $1/2 T_0 < (P, Q) < T_0$  ;  $P^0 = 180^0 T_s$ ,  $(Q-P) < 1/2 T_0$



Gambar 3.2 Teknik pemucuan LRC mode 2

#### C. Mode Konduksi Kontinyu $\omega_s > \omega_0$



Gambar 3.3 Teknik pemucuan LRC mode 3

- S<sub>1</sub> dipicu pada sudut 0<sup>0</sup> - X<sup>0</sup>  
X < ½ T<sub>0</sub>
- S<sub>2</sub> dipicu pada sudut 180<sup>0</sup> - Y<sup>0</sup>  
Y = 180 + X

### 3.2 Quasi Resonant DC-DC Converters

#### 3.2.1 Zero Current Switching Converters (ZCSC)

##### A. Perancangan Komponen

a.  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r.C_r}}$

b. Syarat kondisi *underdamped* :  $\frac{L_r}{C_r} < 4.R^2$

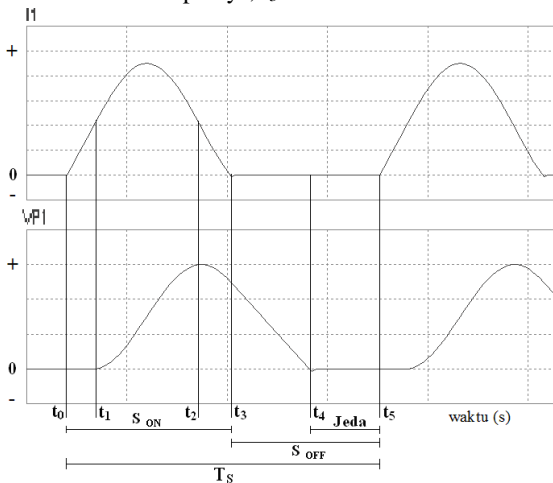
c. Penentuan faktor r ± (0,5 - 10) :  $r = R.\sqrt{\frac{C_r}{L_r}}$

##### B. Perancangan Teknik Pensaklaran Dan Pemucuan

Saklar dipicu pada sudut 0<sup>0</sup> - X<sup>0</sup> (Gambar.3.4).

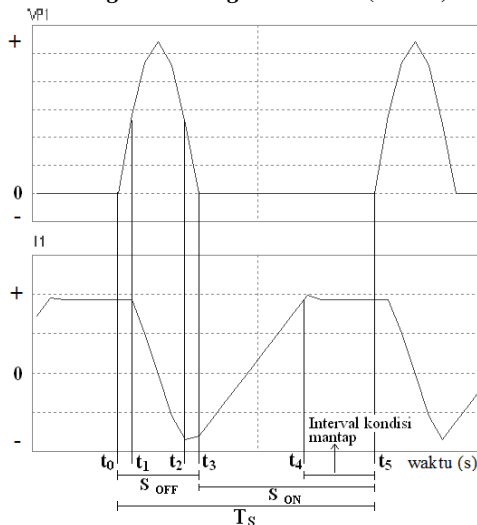
$X^0 < \frac{t_3}{T_s}.360^0$

Untuk lebih tepatnya, t<sub>3</sub> diambil dari hasil simulasi.



Gambar 3.4 Teknik pensaklaran ZCSC

#### 3.2.2 Zero Voltage Switching Converters (ZVSC)



Gambar 3.5 Teknik pensaklaran ZVSC

##### A. Perancangan Komponen

a.  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r.C_r}}$

b. Syarat kondisi *underdamped* :  $\frac{R^2}{4.L_r^2} < \frac{1}{L_r.C_r}$

\*) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Undip  
\*\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Undip

c. Penentuan faktor r ± (0,5 - 10) :  $r = R.\sqrt{\frac{C_r}{L_r}}$

##### B. Perancangan Teknik Pensaklaran Dan Pemucuan

Saklar dipicu pada sudut X<sup>0</sup> - 360<sup>0</sup> (Gambar 3.5).

$X^0 = \frac{t_3}{T_s}.360^0$

Untuk lebih tepatnya, t<sub>3</sub> diambil dari hasil simulasi.

## IV. SIMULASI DAN ANALISIS

### 4.1 Konverter DC - DC Resonansi Beban / Load Resonant Converters (LRC)

#### 4.1.1 Spesifikasi Komponen yang Dipakai

##### A. Konverter Resonansi Beban Seri

- L<sub>r</sub> = 240 mH ; C<sub>r</sub> = 47 nF ; C<sub>f</sub> = 270 μF.
- mode 1&2 = thyristor ; mode 3 = MOSFET.
- V<sub>d</sub> = 300 V → 2 x @ ½ V<sub>d</sub> = 150 V.

Secara teoritis dihasilkan f<sub>0</sub> sebesar 47.411,73043 Hz, dari hasil simulasi dihasilkan f<sub>0</sub> sebesar 48.309,17874 Hz.

##### B. Konverter Resonansi Beban Paralel

- L<sub>r</sub> = 47 nH ; C<sub>r</sub> = 240 μF ; C<sub>f</sub> = 270 μF ; L<sub>f</sub> = 58 μH.
- mode 1&2 = thyristor ; mode 3 = MOSFET.
- V<sub>d</sub> = 300 V → 2 x @ ½ V<sub>d</sub> = 150 V.

Secara teoritis dihasilkan f<sub>0</sub> sebesar 47.411,73043 Hz, dari hasil simulasi dihasilkan f<sub>0</sub> sebesar 48.309,17874 Hz.

##### C. Konverter Resonansi Beban Seri - Paralel (Hibrid)

- L<sub>r</sub> = 240 μH ; C<sub>rs</sub>=C<sub>rp</sub> = 47 nF ; C<sub>f</sub> = 270 μF ; L<sub>f</sub> = 5,8 mH.
- mode 1&2 = thyristor ; mode 3 = MOSFET.
- V<sub>d</sub> = 300 V → 2 x @ ½ V<sub>d</sub> = 150 V.

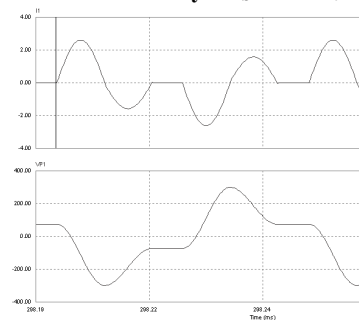
Secara teoritis dihasilkan f<sub>0</sub> sebesar 47.411,73043 Hz, dari hasil simulasi dihasilkan f<sub>0</sub> sebesar 50.000 Hz.

#### 4.1.2 Contoh Bentuk Gelombang Hasil Simulasi

Dari segi bentuk gelombang, adalah sama pada semua jenis topologi konverter resonansi beban (seri,paralel,hibrid).

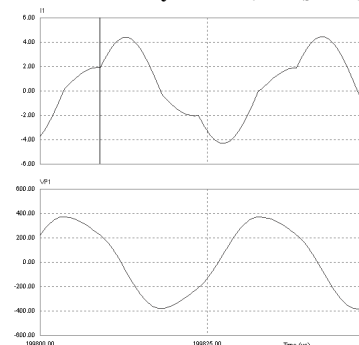
##### 4.1.2.1 Masukan Penyearah

###### A. Mode Konduksi Diskontinyu ω<sub>s</sub> < 1/2 ω<sub>0</sub>



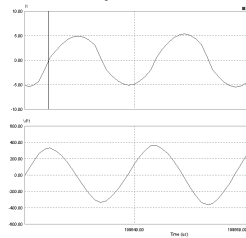
Gambar 4.1 Bentuk gelombang masukan LRC mode 1

###### B. Mode Konduksi Kontinyu 1/2 ω<sub>0</sub> < ω<sub>s</sub> < ω<sub>0</sub>



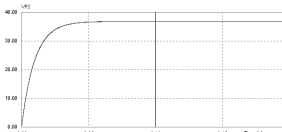
Gambar 4.2 Bentuk gelombang masukan LRC mode 2

**C. Mode Konduksi Kontinu  $\omega_s > \omega_0$**



Gambar 4.3 Bentuk gelombang masukan LRC mode 3  
**4.1.2.2 Keluaran Penyearah**

Untuk tampilan bentuk gelombang keluaran penyearah baik tegangan maupun arus adalah sama untuk semua mode operasi, yaitu berupa gelombang DC.

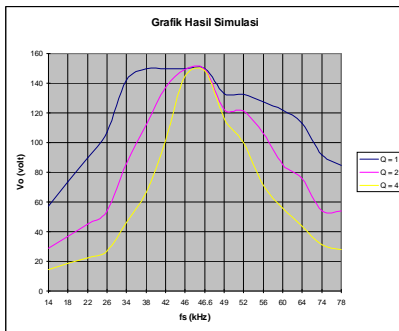


Gambar 4.4 Bentuk gelombang keluaran LRC (tegangan maupun arus bentuknya sama)

**4.1.3 Karakteristik Operasi Kondisi Mantap**

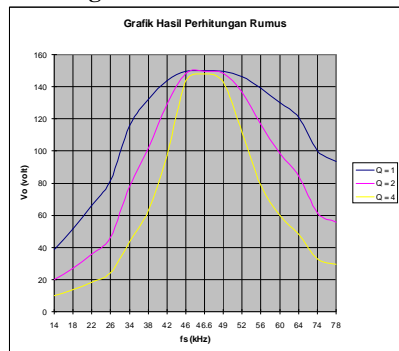
**4.1.3.1 Series Loaded Resonant Converter (SLRC)**

**A. Hasil Simulasi**



Gambar 4.5 Karakteristik kondisi mantap SLRC (simulasi)

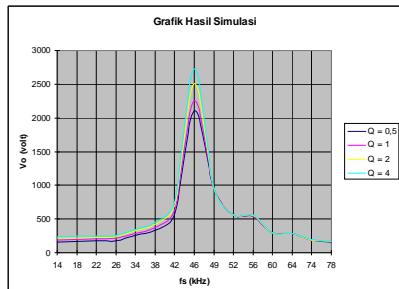
**B. Hasil Perhitungan Penurunan Rumus Teoritis**



Gambar 4.6 Karakteristik kondisi mantap SLRC (teoritis)

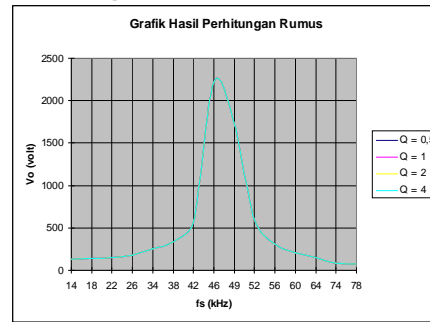
**4.1.3.2 Parallel Loaded Resonant Converter (PLRC)**

**A. Hasil Simulasi**



Gambar 4.7 Karakteristik kondisi mantap PLRC (simulasi)

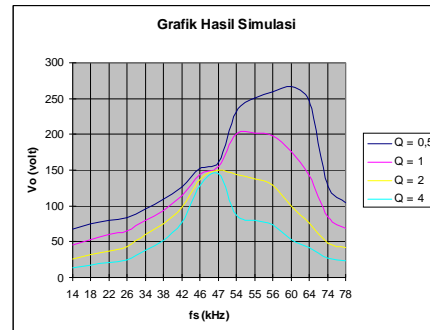
**B. Hasil Perhitungan Penurunan Rumus Teoritis**



Gambar 4.8 Karakteristik kondisi mantap PLRC (teoritis)

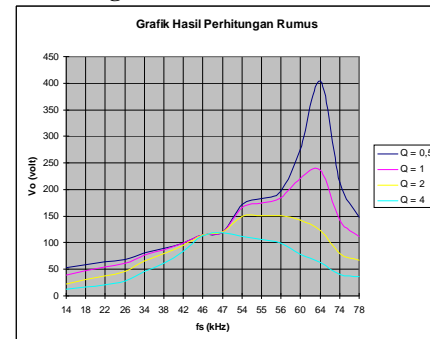
**4.1.3.3 Hybrid Loaded Resonant Converter (HLRC)**

**A. Hasil Simulasi**



Gambar 4.9 Karakteristik kondisi mantap HLRC (simulasi)

**B. Hasil Perhitungan Penurunan Rumus Teoritis**



Gambar 4.10 Karakteristik kondisi mantap SLRC (teoritis)

Dengan faktor pembeda dari grafik-grafik diatas adalah Q (faktor kualitas).

**4.2 Quasi Resonant DC - DC Converters**

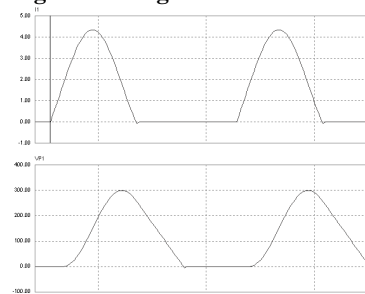
**4.2.1 Zero Current Switching Converter (ZCSC)**

**4.2.1.1 Spesifikasi Komponen yang Dipakai**

- $L_r = 100 \mu\text{H}$  ;  $C_r = 30 \text{ nF}$  ;  $C_f = 12 \mu\text{F}$  ;  $L_f = 40 \text{ mH}$ .
- $V_{dc} = 150 \text{ V}$  ;  $f_0$  sebesar  $91.934,756 \text{ Hz}$  .

**4.2.1.2 Contoh Bentuk Gelombang Hasil Simulasi**

**A. Gelombang Pada Tangki Resonansi**

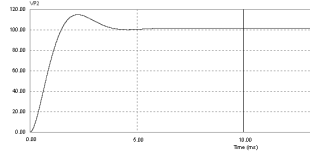


Gambar 4.11 Bentuk gelombang tangki resonansi ZCSC

\*) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Undip  
 \*\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Undip

**B. Bentuk Gelombang Keluaran**

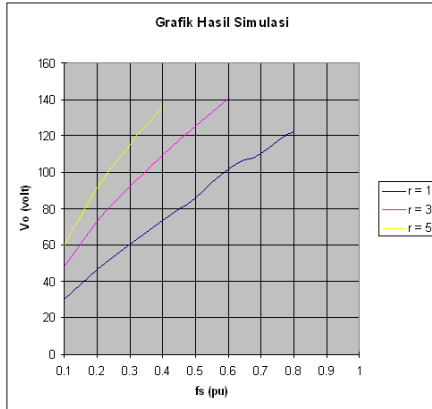
Tampilan bentuk gelombang keluaran (tegangan maupun arus) adalah sama, yaitu berupa gelombang DC.



Gambar 4.12 Tampilan bentuk gelombang keluaran ZCSC (tegangan maupun arus bentuknya sama)

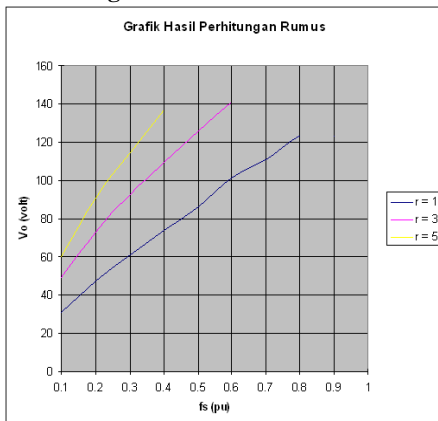
**4.2.1.3 Karakteristik Operasi Kondisi Mantap**

**A. Hasil Simulasi**



Gambar 4.13 Karakteristik kondisi mantap ZCSC (simulasi)

**B. Hasil Perhitungan Penurunan Rumus Teoritis**



Gambar 4.14 Karakteristik kondisi mantap ZCSC (teoritis)

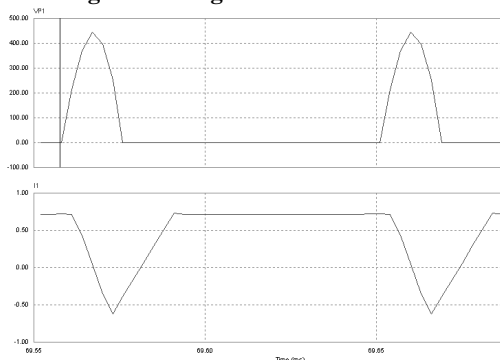
**4.2.2 Zero Voltage Switching Converter (ZVSC)**

**4.2.2.1 Spesifikasi Komponen yang Dipakai**

- $L_r = 2 \text{ mH}$  ;  $C_r = 10 \text{ nF}$  ;  $C_f = 2 \text{ }\mu\text{F}$  ;  $L_f = 400 \text{ mH}$ .
- $V_{dc} = 150 \text{ V}$  ;  $f_0 = 35.606,178 \text{ Hz}$ .

**4.2.2.2 Contoh Bentuk Gelombang Hasil Simulasi**

**A. Gelombang Pada Tangki Resonansi**

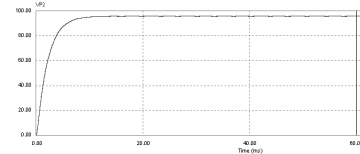


Gambar 4.15 Bentuk gelombang tangki resonansi ZVSC

\*) Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Undip  
 \*\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Undip

**B. Bentuk Gelombang Keluaran**

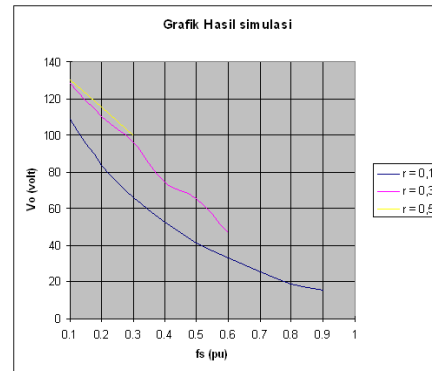
Untuk tampilan bentuk gelombang keluaran (tegangan maupun arus) adalah sama, yaitu berupa gelombang DC.



Gambar 4.16 Tampilan bentuk gelombang keluaran ZVSC (tegangan maupun arus bentuknya sama)

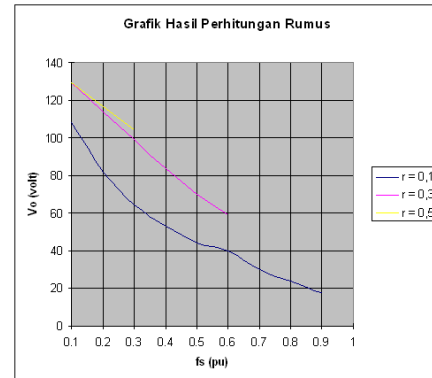
**4.2.2.3 Karakteristik Operasi Kondisi Mantap**

**A. Hasil Simulasi**



Gambar 4.17 Karakteristik kondisi mantap ZVSC (simulasi)

**B. Hasil Perhitungan Penurunan Rumus Teoritis**



Gambar 4.18 Karakteristik kondisi mantap ZVSC (teoritis)

Konverter resonansi beban seri hanya memiliki sifat sebagai penurun tegangan. Sedangkan pada topologi resonansi beban paralel dan hibrid memiliki sifat penaik maupun penurun tegangan. Ketiganya memiliki karakteristik operasi kondisi mantap yang berbeda antara satu dan yang lainnya seperti pada penjelasan gambar diatas.

Pada konverter resonansi quasi, keduanya hanya memiliki sifat sebagai penurun tegangan dengan batas frekuensi pensaklaran maksimumnya adalah sebesar frekuensi resonansinya.

Dari hasil simulasi dan analisis teoritis diatas telah diperoleh karakteristik yang sesuai baik pada topologi resonansi beban maupun quasi. Perbedaan nilai karakteristik operasi kondisi mantap antara hasil simulasi dengan perhitungan perumusan teori pada konverter topologi resonansi beban adalah lebih besar jika dibandingkan dengan perbedaan pada konverter topologi resonansi quasi. Hal ini dikarenakan oleh, proses penurunan rumus pada konverter resonansi beban terdapat pengasumsian bahwa bentuk gelombang arus pada induktor resonansi adalah sinusoidal sempurna, sedangkan pada kenyatannya bukanlah sinusoidal murni (Gbr. 4.1 sampai 4.3).



## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1.a. Konverter DC-DC resonansi beban seri hanya memiliki sifat sebagai penurun tegangan.
- b. Konverter DC-DC resonansi beban paralel memiliki sifat sebagai penaik dan penurun tegangan, dengan tegangan keluaran yang relatif konstan terhadap perubahan beban.
- c. Konverter DC-DC resonansi beban hibrid memiliki sifat sebagai penaik dan penurun tegangan.
- 2.a. Tegangan maksimum pada konverter resonansi beban seri dan paralel akan mencapai harga maksimumnya pada frekuensi pensaklaran disekitar harga frekuensi resonansinya.
- b. Pada tipe seri-paralel (*hybrid*), tegangan keluaran akan mencapai harga maksimum pada frekuensi pensaklaran diatas frekuensi resonansi dan letak titik maksimumnya adalah bervariasi tergantung dari nilai Q yang diterapkan.
3. *Quasi Resonant DC-DC Converter* memiliki sifat sebagai penurun tegangan, dengan harga maksimum tegangan keluaran adalah sebesar tegangan sumber dan frekuensi operasi maksimum yang bisa diterapkan adalah sebesar frekuensi resonansinya.
- 4.a. Pada *Zero Current Switching Quasi Resonant DC-DC Converter*, tegangan keluaran akan naik seiring dengan kenaikan frekuensi pensaklaran.
- b. Pada *Zero Voltage Switching Quasi Resonant DC - DC Converter*, tegangan keluaran akan turun seiring dengan kenaikan frekuensi pensaklaran.
5. Pada *Quasi Resonant DC-DC Converter*, semakin besar faktor r maka wilayah kemampuan operasi frekuensi pensaklaran yang bisa diterapkan akan semakin kecil (sempit).
6. Kekurangakuratan formulasi rumus hasil penurunan secara teori pada konverter resonansi beban adalah disebabkan karena pada proses penurunan rumus terdapat pengasumsian bahwa bentuk gelombang arus pada induktor resonansi adalah sinusoidal sempurna, sedangkan pada kenyatannya adalah bukan sinusoidal sempurna.

### 5.2 Saran

Saran untuk pengembangan selanjutnya adalah :

1. Proses simulasi masih dapat dikembangkan lagi, seperti penyertaan tipe pensaklaran jembatan penuh ,penyisipan trafo pada sisi masukan penyearah pada konverter resonansi beban, penyertaan pensaklaran gelombang penuh pada konverter resonansi quasi.
2. Memperbaiki metode pendekatan dalam penurunan formulasi rumus tegangan keluaran pada koverter resonansi beban.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agrawal, J P, *Power Electronic Systems : Theory And Design*, Pearson Education, Pte. Ltd., Singapore, 2002.
- [2] Asghar, J, *Power Electronic*, Prentice-Hall of India, New Delhi, 2004.

- [3] Chryssis, G, *High-Frequency Switching Power Supplies : Theory and Design*, Mc Graw Hill, New York.
- [4] David, E J., John, L H., Johny, R J., Peter, D S., *Basic Electric Circuit Analysis*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, 1995.
- [5] Hart, D W, *Introduction To Power Electronics*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey, 1997.
- [6] Hayt, W H., Kemmerly, J E., Durbin, S M., *Rangkaian Listrik Jilid 2*, Erlangga, Jakarta, 2005.
- [7] Mammano, B, *Resonant Mode Converter Topologies*, Unitrode Corporation, Texas, 2001.
- [8] Mohan, Ned, *Power Electronics : Converters, Applications, and Design*, John Willey & Sons, Canada, 1995.
- [9] Mullins, J, *Parallel Operation Of Hybrid Loaded Resonant Power Converters*, California State Polytechnic University, San Luis Obispo, 2004.
- [10] Ogata, K, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [11] Rashid, Muhammad H, *Power Electronics Circuit, Devices, And Applications*, Pearson Education, Inc., New Jersey, 2004.
- [12] Taufik, *Pengubah Daya Dengan Metoda Resonansi*, Seminar Elektronika Daya, Universitas Diponegoro, Semarang, 2007.
- [13] Thorborg, K, *Power electronics*, Prentice-Hall International, Inc., Cambridge, 1988.
- [14] Tse, C K., *Analysis Rangkaian Linier*, Erlangga, Jakarta, 2002.
- [15] ....., *PSIM User Manual*, Powersim Technologies Inc, 1999.

## BIODATA PENULIS



### **Fitria Panji Margaranu (L2F 003 501)**

Lahir di Klaten, 23 Juni 1985. Selepas dari SMUN 1 Klaten melanjutkan pendidikan S1 Teknik Elektro di Universitas Diponegoro Semarang angkatan 2003. Saat ini sedang dalam proses menyelesaikan masa studi dengan pilihan konsentrasi Teknik Tenaga Listrik (Power).

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

**Ir. Agung Warsito, DHET**

NIP. 131 668 485

Tanggal : \_\_\_\_\_

**Susatyo Handoko, ST,MT**

NIP. 132 282 683

Tanggal : \_\_\_\_\_