

RANCANG BANGUN KONVERTER DC-DC BEBAN RESONANSI PARALLEL

Danang Helfianto¹, Firmansyah Nur Budiman²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

¹14524034@students.uii.ac.id

145240501@uui.ac.id

Abstrak— Dengan meningkatnya kebutuhan dalam elektronika daya, dilakukan inovasi untuk meningkatkan efisiensi dengan perbaikan topologi maupun peningkatan komponen elektronika. Kendala dalam efisiensi konverter yaitu pada kemunculan rugi-rugi saat proses *switching*. Skripsi ini akan membangun sebuah konverter DC-DC beban resonansi paralel dengan tipe pensaklaran *full-bridge*, dan dengan jenis topologi *soft-switching*. Keuntungan konverter resonansi yaitu *switching losses* yang rendah, dan *controlling* mudah. Dengan menggunakan mode *soft switching and high frequency* pada perancangan konverter resonansi, dimana mode ini dapat mengatasi *switching losses* pada saat proses *switching* berlangsung. Dalam pengujian konverter DC-DC beban resonansi paralel dengan memberikan V_{in} yaitu 20 V - 25 V dan variasi frekuensi *switching* nya 10 kHz ~ 100 kHz. Dari hasil pengujian dan analisis menunjukkan konverter bertindak sebagai penaik tegangan. Tegangan keluaran maksimal yang didapatkan dari hasil pengukuran sebesar 33,8 V_{DC} dengan tegangan *input* 25 V_{DC} pada frekuensi *switching* 30 kHz dengan (*quality factor*) $Q = 4$.

Kata kunci— *converter, efisiensi, switching, dan resonansi.*

I. PENDAHULUAN

Sepuluh tahun terakhir telah terjadi banyak terjadi perkembangan dalam berbagai bidang salah satunya yaitu dalam bidang teknologi Elektronika Daya. Salah satu perkembangan adalah dalam menghasilkan metode penyediaan sumber daya AC/DC yang semakin kecil ukurannya serta peningkatan efisiensi daya. Seperti halnya konverter DC-DC merupakan salah satu elemen penting dalam *power electronics* yang dapat mengubah daya listrik searah (DC) dari suatu bentuk menjadi bentuk daya listrik searah lainnya. Dalam tulisan ini, peneliti akan membahas tentang perancangan konverter DC-DC resonansi beban paralel jenis pensaklaran *full-bridge and soft-switching* untuk menghasilkan efisiensi daya yang maksimal.

Konverter DC-DC resonansi adalah merupakan salah satu jenis regulator tegangan DC. Regulator selain berfungsi untuk mengatur tegangan juga berfungsi sebagai untuk menjaga kestabilan level tegangan dari catu daya yang digunakan. Pemilihan Konverter DC-DC resonansi beban paralel diharapkan dapat meningkatkan efisiensi [1].

Metode resonansi adalah merupakan sebuah metode yang dianjurkan untuk mengatasi *switching losses*. Dengan

metode ini *losses* pada saat proses *switching* dapat diperkecil, sehingga meningkatkan efisiensi system saat proses pengubahan daya (konverter), dan juga dapat meningkatkan batas maksimum frekuensi *input* untuk pensaklaran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian teori terdapat beberapa poin penting yang akan dilakukan untuk menunjang perancangan konverter DC-DC beban resonansi paralel.

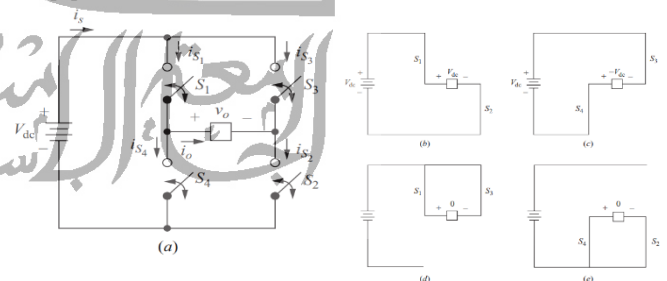
A. MOSFET

The *Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor* (MOSFET) adalah transistor yang menggunakan elektroda control, gerbang, untuk memodulasi kapasitas konduktansi saluran permukaan yang menghubungkan dua kontak ujung (*gate*), sumber (*source*), dan saluran pembuangan (*drain*) [5]. MOSFET biasanya digunakan sebagai saklar.

MOSFET mempunyai tiga kaki yaitu *gate, drain and source*. Keadaan saturasi MOSFET terjadi disaat ($V_{GS} > V_{TH}$), dan pada saat yang sama ($V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$) dan *drain-to-source current* (I_{DS}) bernilai *maximum*, maka saklar dalam keadaan tertutup (*Fully on*).

B. Full-Bridge Inverter

Anda Inverter jembatan penuh merupakan bagian konverter dimanfaatkan untuk mengkonversi V_{DC} ke V_{AC} . Rangkain inverter jembatan penuh dalam dilihat pada Gambar 2.1 [6].



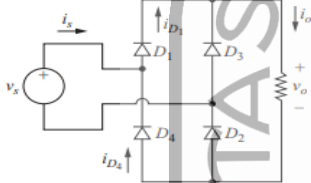
GAMBAR ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..1
(A) RANGKAIAN INVERTER JEMBATAN PENUH; (B) S_1 DAN S_2 TERTUTUP; (C) S_3 DAN S_4 TERTUTUP; (D) S_1 DAN S_3 TERTUTUP; (E) S_2 DAN S_4 TERTUTUP.

Dengan teknik *switching* terhadap MOSFET maka didapatkan gelombang AC dari sinyal DC. Sehingga tegangan keluarannya akan bernilai $\pm V_{DC}$. Keluaran $\pm V_{DC}$ terjadi pada saat beban berada pada kondisi \pm ketika S_1 dan S_2 tertutup saklar terhubung ke + beban, dan juga sebaliknya saat S_3 dan S_4 tertutup maka saklar akan terhubung ke - beban [6].

Untuk mendapatkan keluaran V_{DC} digunakan teknik pensaklaran dilakukan oleh MOSFET yang dikendali oleh PWM frekuensi tinggi. Konfigurasi pada setiap saklar akan *disetting* agar memiliki koordinasi yang tepat dan cepat. Tidak diperbolehkan apabila S_1 dan S_4 serta S_2 dan S_3 tertutup pada waktu yang bersamaan karena hal ini dapat mengakibatkan *short-circuit* pada rangkaian yang dapat merusak sumber tensingannya.

C. Penyearah Gelombang penuh

Tujuan dari penyearahan adalah untuk mendapatkan tegangan dan arus yang murni DC dari sumber AC. Rangkaian *full-bridge rectifier* dapat dilihat pada Gambar 2.2 [6].

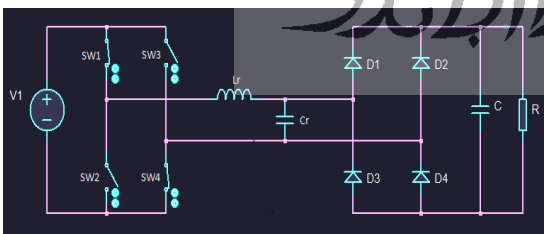


GAMBAR ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..2 RANGKAIAN FULL-BRIDGE RECTIFIER

Berikut karakteristik mendasar pada penyearah gelombang penuh :

1. Diode D_1 dan D_2 harus aktif dalam waktu yang bersamaan, begitu juga dengan D_3 dan D_4 . Sedangkan D_1 dan D_3 tidak dapat aktif dalam waktu bersamaan. Begitu juga dengan D_2 dan D_4 . Arus beban bisa positif atau nol tetapi tidak bisa *negative*.
2. Tegangan pada beban bernilai $+v_s$ saat D_1 dan D_2 aktif. Tegangan pada beban bernilai $-v_s$ ketika D_3 dan D_4 aktif.
3. Tegangan maksimal yang dapat dilewati *reverse-biased diode* yaitu tegangan puncak dari sumber AC.
4. I_{rms} pada *output* = I_{rms} pada *supply*
5. Frekuensi mendasar pada tegangan keluaran adalah 2ω , dimana ω adalah frekuensi input AC.

D. Konverter DC-DC Resonansi Paralel



Tiga tahapan operasi konverter, yaitu:

1. Proses inverter yaitu mengubah V_{in} DC menjadi V_{out} AC.

2. Memasuki jaringan resonansi, tetapi tegangan masih dalam gelombang AC.
3. Proses konverter yaitu output pada tahap 1 dan 2 (AC) dikonversi ke sinyal DC dengan memanfaatkan rangkaian penyearah.

Rangkaian resonansi terdiri 2 komponen yaitu induktor dan kapasitor yang dihubungkan secara paralel. Untuk perhitungan reaktansinya adalah

$$X_L = \omega_s L_r \quad 2.1$$

$$X_C = \frac{1}{\omega_s C_r} \quad 2.2$$

Dimana ω_s bernilai

$$\omega_s = 2\pi f_s$$

ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..1

Frekuensi resonansi f_r nilainya tergantung dari nilai induktor dan kapasitor yang terhubung pada jaringan resonansi. Berikut persamaan frekuensi resonansi

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} \quad 2.4$$

Persamaan *equivalent resonance*

$$R_{eq} = \frac{\pi^2}{8} R_L \quad 2.5$$

Persamaan *Quality factor*

$$Q = \frac{R_L}{\omega_r L_r}$$

ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..2

Persamaan ω_n *normalize switching frequency*

$$\omega_n = \frac{f_s}{f_r} \quad 2.7$$

Hubungan antara tegangan input dan output konverter adalah

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{4}{\pi^2} \left[\frac{1}{1 - \left(\frac{X_L}{X_C}\right) + j\left(\frac{X_L}{R_e}\right)} \right] \quad 2.8$$

Untuk keterkaitan antara ω_n , *gain*, and *factor Q* diperlihatkan pada Gambar 2.4.

Pada kondisi ideal, daya output dari sebuah konverter bernilai sama dengan daya inputannya. Tetapi pada prakteknya

terdapat jatuh tegangan V_{CH} saat proses switching yang bisa mempengaruhi daya *output* pada konverter [3].

Daya *input* konverter dihitung dengan persamaan

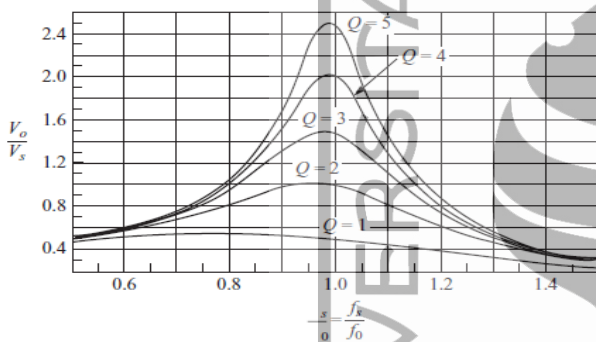
$$P_i = \frac{1}{T} \int_0^{kT} v_0 I_0 dt = \frac{1}{T} \int_0^{kT} \frac{V_0^2}{R_L} dt = \frac{kV_{in}^2}{R_L} \quad 2.9$$

Sedangkan untuk nilai daya *ouput*, hasil *switching* konverter dapat dihitung dengan persamaan

$$P_o = \frac{1}{T} \int_0^{kT} \frac{V_0^2}{R} dt = \frac{1}{T} \int_0^{kT} \frac{(V_{in} - V_{CH})^2}{R_L} dt = k \frac{(V_{in} - V_{CH})^2}{R_L} \quad 2.10$$

Efisiensi konverter dihitung dengan persamaan

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \quad 2.11$$



GAMBAR ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..3 KETERKAITAN ANTARA ω_n , GAIN, DAN FACTOR Q

Berdasarkan pada Gambar 2.4 semakin tinggi nilai *quality factor* maka tegangan *output* juga akan semakin besar. Akan tetapi tegangan output yang maksimal akan diperoleh pada saat $f_s = f_r$.

III. METODE PENELITIAN

Berikut 3 parameter pengujian:

1. Pada output Inverter

Tegangan *supply* DC di konversi ke tegangan AC yang masih gelombang kotak. Karena gelombang kotak memiliki frekuensi maka dapat disebut sebagai tegangan AC. Karena menggunakan topologi *full-bridge* konverter maka tegangan maksimumnya sama dengan tegangan input, sedangkan tegangan minimumnya adalah (-) tegangan input.

2. Pada Output Konverter

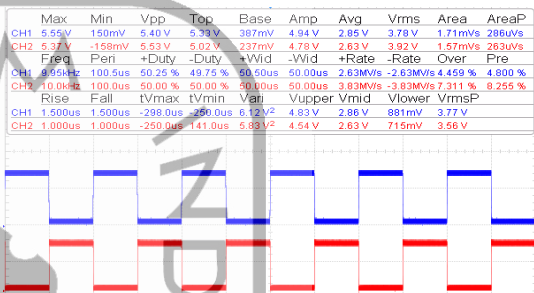
Nilai tegangan output sangat dipengaruhi dari frekuensi *switching* yang di masukkan. Pada pengamatan terhadap output konverter peneliti melakukan variasi terhadap frekuensi *switching* untuk mendapatkan nilai maksimum dari konverter DC-DC beban resonansi paralel.

3. Efisiensi Konverter Terhadap Beban Resistansi

Pada pengujiannya konverter dihubungkan dengan beban resistor yang dihubungkan pada konverter. Pada terhubungnya sumber dengan beban maka R akan menimbulkan terjadinya menaiknya nilai arus dan *supply* daya.

IV. HASIL DAN ANALISIS

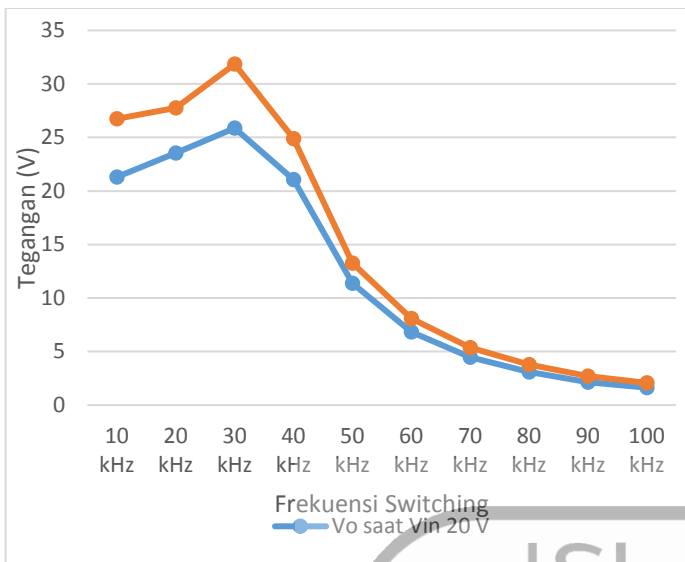
V.



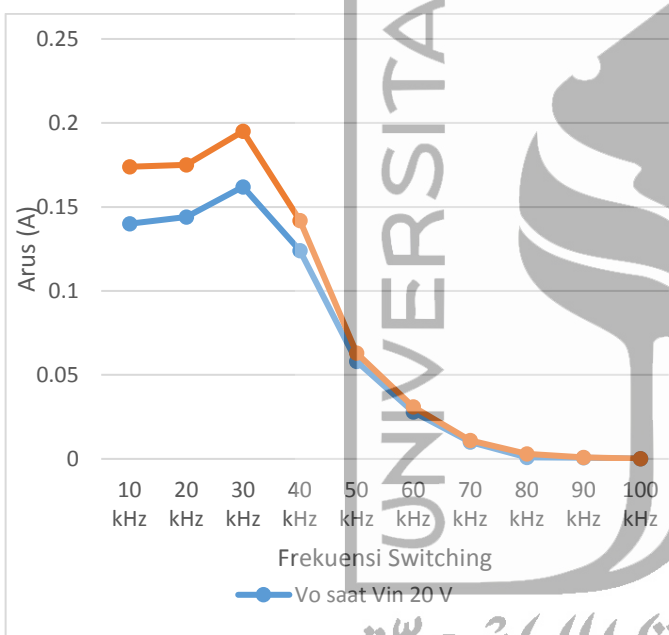
GAMBAR ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..4 OUTPUT SINYAL PWM PADA ARDUINO

Berdasarkan gambar 4.2 dapat diketahui bahwa terdapat 2 kombinasi kerja pada PWM pin 9 dan pin 10 yang akan bertugas untuk pengaturan *switching* pada setiap MOSFET pada jaringan konverter. Berdasarkan gambar 4.2 juga bisa dilihat tegangan maksimal pada masing masing pin hanya mencapai 5.55 V dan 5.37 V. Karena MOSFET hanya akan bekerja apabila $V_{GS} > 10$ V maka diperlukan sebuah rangkaian *gate driver* seperti pada Gambar 3.3 untuk meningkatkan nilai V_{GS} nya agar MOSFET dapat bekerja.

Perubahan V_{out} dan I_{out} konverter bisa dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



GAMBAR ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..5 GRAFIK TEGANGAN OUTPUT TERHADAP PERUBAHAN FREKUENSI SWITCHING



GAMBAR ERROR! NO TEXT OF SPECIFIED STYLE IN DOCUMENT..6 GRAFIK ARUS OUTPUT TERHADAP PERUBAHAN FREKUENSI SWITCHING

Berdasarkan pada Gambar 4.5 dan 4.6 nilai tegangan dan arus output konverter tertinggi terjadi pada saat nilai frekuensi *switching* 30 kHz dan output terendah terjadi pada saat nilai frekuensi *switching* 100kHz. Pada masing-masing frekuensi *switching* terjadi perubahan tegangan dan arus output dengan pola yang menurun mulai dari 10 kHz hingga 100 kHz. Output tegangan terbesar tercapai pada saat frekuensi *switching* 30 kHz.

Selanjutnya, pengujian yang dilakukan dengan memvariasikan tegangan input konverter yaitu nilai tegangan 20 V, dan 25 V. Pada pengujian saya memakai frekuensi *switching* bernilai 30 kHz. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kinerja dari proses *switching* pada konverter disetiap tegangan input yang di berikan serta efisiensi konverter.

VI. KESIMPULAN

Terdapat 3 tahapan perancangan dalam pembuatan Konverter DC-DC beban resonansi paralel. Tahap yang pertama, proses *switching* untuk mengkonversi tegangan DC ke bentuk tegangan AC. Tahap kedua, tegangan AC di proses oleh jaringan resonansi dengan membandingkan frekuensi *switching* dengan frekuensi resonansi. Yang ketiga, proses penyearahan untuk mengkonversi tegangan AC ke bentuk tegangan DC.

Tegangan keluaran pada konverter DC-DC beban resonansi paralel dapat di kendalikan dengan menyesuaikan tegangan input dan frekuensi *switching* nya.

Berdasarkan data-data yang diperoleh pada saat pengujian, efisiensi hasil *switching* konverter DC-DC beban resonansi berhasil mendapatkan persentase 65 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Fitria Panji Margaranu , Ir. Agung Warsito, DHET , Susatyo Handoko, ST, "Simulasi dan analisis," *Simulasi Dan Anal. Load Reson. Quasi Reson. Dc - Dc Convert. Dengan Psim Versi 4.1*, vol. 1, pp. 1–7, 2008.
- [2] C. Chen, C. Chen, J. Chang, and C. Yang, "LPV Gain-scheduling Control for a Phase-shifted PWM Full-bridge Soft Switched Converter," *LPV Gain-scheduling Control a Phase-shifted PWM Full-bridge Soft Switch. Convert.*, pp. 6135–6140, 2014.
- [3] A. Amrad, "Rancang bangun konverter dc-dc resonansi seri," *Ranc. BANGUN Konvert. DC-DC Reson. SERI*, pp. 1–30, 2018.
- [4] G. Surendra Babu and A. Gopalakrushna, "Resonant Converter for the Application of DC-To-DC Energy Conversions," *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 03, no. 10, pp. 12547–12555, 2014.
- [5] R. C. Dorf, *Electronics, Power Electronics, Op*, vol. 1. 2015.
- [6] D. W. Hart, *Power Electronics*. Ney York: Raghathan Srinivasan, 2011.
- [7] I. Rectifier, "Irfz44N Irfz44N," pp. 1–9, 2001.