

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Dalam memajukan elektronika daya, dilakukan berbagai peningkatan efisiensi salah satunya melalui perbaikan topologi. Konverter DC-DC beban resonansi paralel adalah merupakan konverter yang memanfaatkan topologi jenis *soft-switching*. Dengan pemanfaatan topologi *soft-switching* diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pengubahan daya. Keuntungan konverter resonansi adalah rugi-rugi *switching* rendah, dan kontrol mudah.

Penelitian dengan judul LPV *Gain-scheduling Control for a Phase-shifted PWM Full-bridge Soft Switched Converter* telah dilakukan oleh C. Chen, C. Chen, J. Chang, and C. Yang [2]. Pada penelitian ini terdapat penjelasan bahwa untuk mendapatkan hasil *switching* yang baik pada frekuensi tinggi diperlukan sebuah topologi *switching* yang tepat. Oleh sebab itu dipilih topologi jembatan penuh. Dengan input PWM yang besar topologi mampu mengurangi rugi-rugi dalam proses *switching*.

Arridha Ahmad telah melakukan penelitian dengan judul Rancang Bangun DC-DC konverter Resonansi Seri [3]. Peneliti ini memanfaatkan *full-bridge soft-switching* dan jaringan resonansi terhubung seri. Desain inverter yang digunakan IRFZ44n dengan penguat tegangannya memanfaatkan IC IR2110. Rangkaian penyearah yang digunakan adalah *full-bridge rectifier*, pada sisi filter *output* nya dipasang kapasitor 1000uF dan pada sisi *output* konverter diberikan beban *resistance* 20/20 OHM/Watt. Pengujian dilakukan dengan  $V_{in}$  20 V, 25 V dan 30 V dan juga setiap *input* nya diberikan variasi frekuensi *switching* 10 kHz sampai 100 kHz. Pada hasil pengujian konverter menunjukkan bahwa *output* tegangan terbesar terjadi pada saat frekuensi *switching* nya 40 kHz. Dengan  $V_{in}$  20 V dan  $f_s$  40 kHz didapatkan hasil tegangan *output* konverter 10,4 V. Yang dapat digali dari penelitian ini yaitu adalah pemanfaatan rangkaian *gate driver* dan *full-bridge soft-switching*.

Penelitian konverter DC-DC beban resonansi paralel yang dilakukan oleh G. Surendra Babu dan A. Gopalakrushna [4]. Pada penelitiannya dilakukan desain dan simulasi dengan menggunakan aplikasi matlab. Inverter memakai tipe *half-bridge* yang dikontrol oleh PWM. Penelitian ini mengatakan bahwa filter induktif dan kapasitif pada output berfungsi untuk mengontrol tegangan pada saat tanpa beban dengan menyesuaikan frekuensi *switching* di atas frekuensi resonansi. Yang dapat digali dari penelitian ini adalah penyesuaian serta perbandingan output dengan mengamati perubahan frekuensi *switching* terhadap frekuensi resonansi.

## 2.2 Tinjauan Teori

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

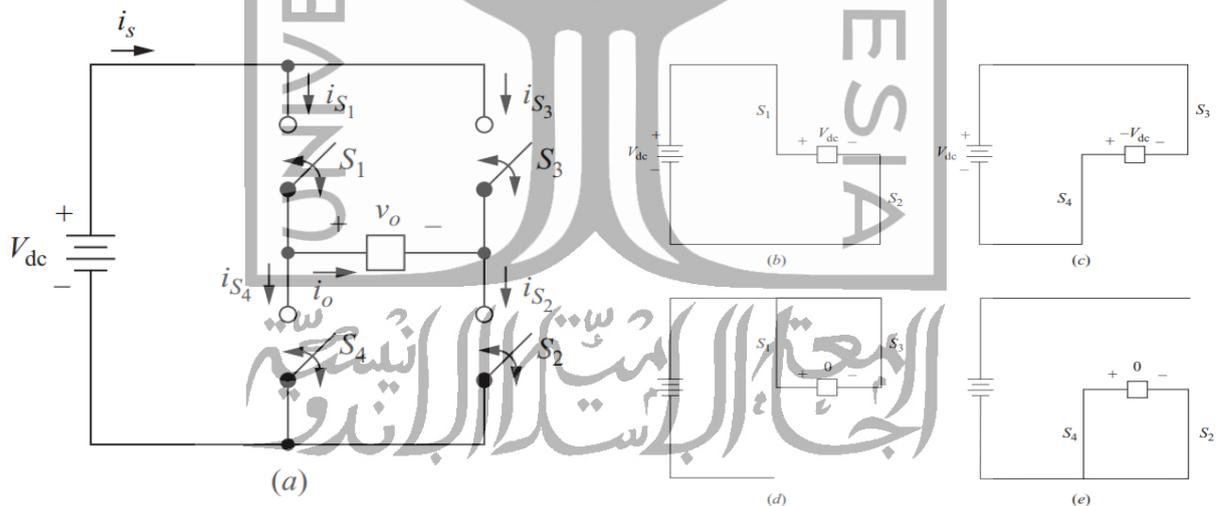
### 2.1.1 MOSFET

*The Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor* (MOSFET) adalah transistor yang menggunakan elektroda kontrol, 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*).

### 2.1.2 Inverter Jembatan Penuh

Inverter jembatan penuh merupakan bagian konverter yang dimanfaatkan untuk mengkonversi  $V_{DC}$  ke  $V_{AC}$ . Rangkaian inverter jembatan penuh dapat dilihat pada Gambar 2.1 [6].



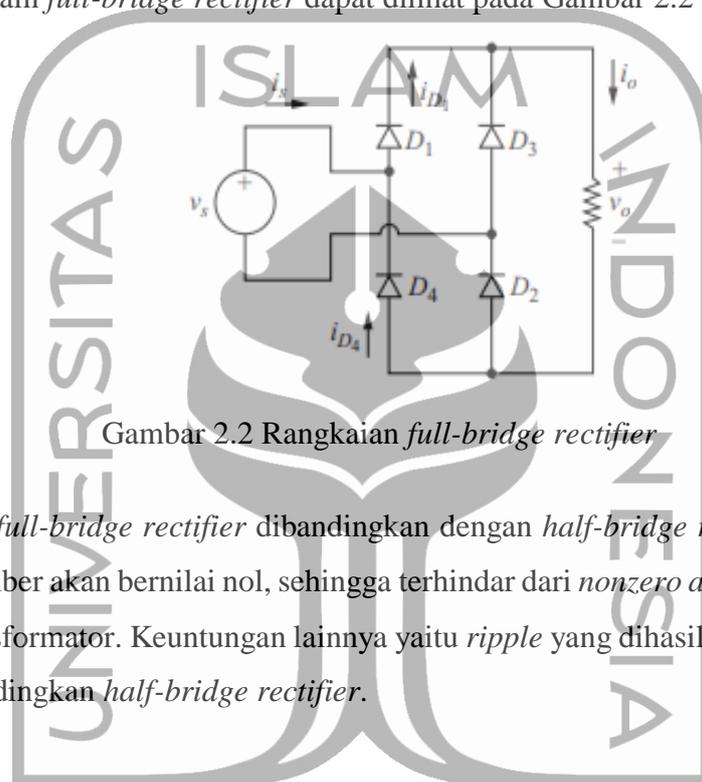
Gambar 2.1 (a) Rangkaian inverter jembatan penuh; (b)  $S_1$  dan  $S_2$  tertutup; (c)  $S_3$  dan  $S_4$  tertutup; (d)  $S_1$  dan  $S_3$  tertutup; (e)  $S_2$  dan  $S_4$  tertutup.

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 yang dilakukan oleh MOSFET dan dikendalikan 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 tegangannya.

### 2.1.3 Penyearah Gelombang Penuh

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



Gambar 2.2 Rangkaian *full-bridge rectifier*

Keuntungan *full-bridge rectifier* dibandingkan dengan *half-bridge rectifier* yaitu pada arus rata-rata di AC sumber akan bernilai nol, sehingga terhindar dari *nonzero average source currents*, terutama pada transformator. Keuntungan lainnya yaitu *ripple* yang dihasilkan *full-bridge rectifier* lebih rendah dibandingkan *half-bridge rectifier*.

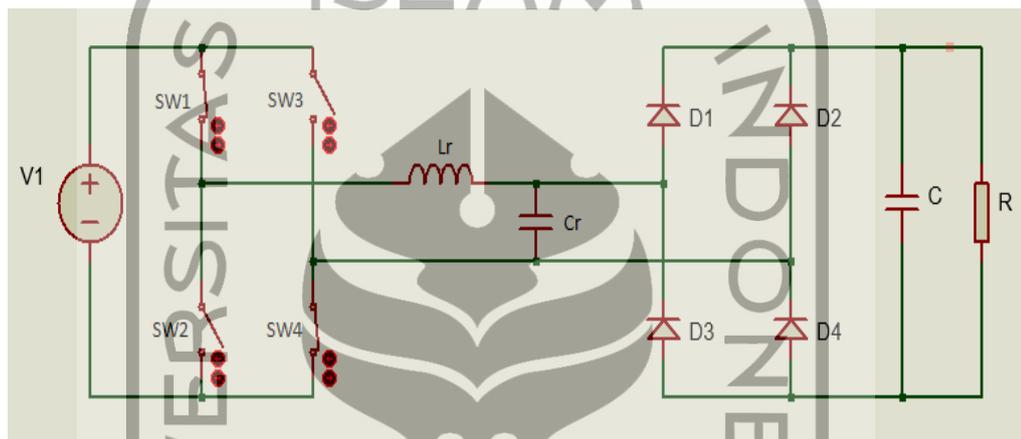
Berikut karakteristik mendasar pada penyearah gelombang penuh :

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  $2\omega$ , dimana  $\omega$  adalah frekuensi input AC.

### 2.1.4 Konverter DC-DC Resonansi paralel

Terdapat 3 jenis beban pada Konverter DC-DC resonansi yaitu seri, paralel, dan hybrid (seri-paralel). Pada penelitian ini penulis hanya akan memanfaatkan rangkaian untuk konverter DC-DC beban resonansi paralel [6].

Untuk mendapatkan konverter yang berkualitas tinggi, kecil, ringan, andal dan efisien. Yang biasa terkendala pada *switching losses*. Oleh karena itu konverter DC-DC resonansi merupakan pilihan terbaik dengan melihat keunggulannya pada *soft switching* dan *electromagnetic interference* (EMI) rendah. Jaringan resonansi akan mempengaruhi daya outputnya. Dengan mengontrol frekuensi *switching*, maka dapat mengendalikan tegangan keluarannya. Rangkaian konverter DC-DC beban resonansi paralel pada Gambar 2.3 [6].



Gambar 2.3 Konverter DC-DC resonansi beban paralel.

Pada Gambar 2.3 terdapat 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 dihubung 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  $\omega_s$  bernilai

$$\omega_s = 2\pi f_s \quad 2.3$$

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*

$$Q = \frac{R_L}{\omega_r L_r} \quad 2.6$$

Persamaan  $\omega_n$  *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  $\omega_n$ , *gain*, and *factor Q* diperlihatkan pada Gambar 2.4.

Pada kondisi ideal, daya *output* dari sebuah konverter bernilai sama dengan daya *input* nya. Tetapi pada prakteknya terdapat jatuh tegangan  $V_{CH}$  saat proses *switching* yang dapat mempengaruhi daya *output* pada konverter [3].

Daya *input* konverter dihitung dengan persamaan

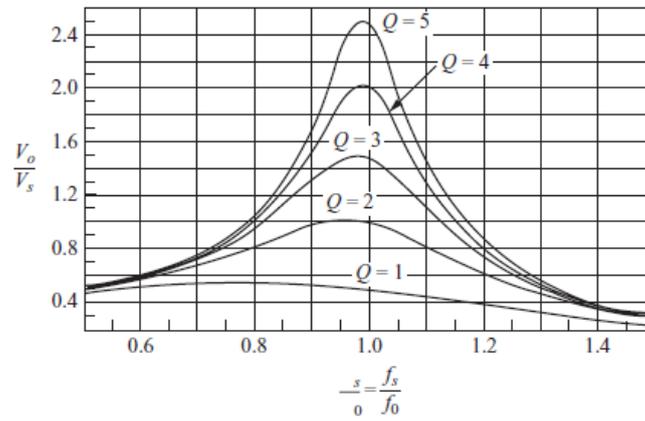
$$P_i = \frac{1}{T} \int_0^{kT} v_o I_o dt = \frac{1}{T} \int_0^{kT} \frac{V_o^2}{R_L} dt = \frac{kV_{in}^2}{R_L} \quad 2.9$$

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

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

Efisiensi konverter dihitung dengan persamaan

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



Gambar 2.4 keterkaitan antara  $\omega_n$ , 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  $f_s = f_r$ .

