

## Rancang Bangun *Unipolar PWM* Dilengkapi dengan Pengaturan Frekuensi Menggunakan *Operational Amplifier*

Asmar

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Email : asmarubb2@gmail.com

### ABSTRACT

*Pulse Width Modulation (PWM) is applied to power electronic circuits for the control of converter circuits. In order to obtain good performance, the frequency of the PWM pulse must be adjusted to the type and parameter of the converter. In this study, the PWM pulses generated are unipolar PWM. Pulses are obtained by using three main circuits, namely triangular wave generator, control voltage and comparison circuit. The main component used is Operational Amplifier (Op-Amp). The resulting circuit can generate unipolar PWM pulses with frequency range 30 Hz to 5 kHz.*

**Keywords :** Frequency, Op-Amp, Unipolar PWM

### INTISARI

*Pulse Width Modulation (PWM) diaplilaksanakan pada rangkaian elektronika daya untuk pengendalian rangkaian konverter. Agar diperoleh kinerja yang baik, frekuensi pulsa PWM harus disesuaikan dengan jenis dan parameter konverter. Pada penelitian ini, pulsa PWM yang dihasilkan adalah unipolar PWM. Pulsa tersebut diperoleh dengan menggunakan tiga rangkaian utama, yaitu pembangkit gelombang segitiga, tegangan kontrol dan rangkaian pembanding. Komponen utama yang digunakan adalah Operational Amplifier (Op-Amp). Rangkaian yang dihasilkan dapat membangkitkan pulsa unipolar PWM dengan rentang frekuensi 30 Hz sampai dengan 5 kHz.*

Kata kunci: Frekuensi, Op-Amp, Unipolar PWM

## I. PENDAHULUAN

*Pulse Width Modulation (PWM) adalah metode pembangkitan pulsa dengan membandingkan gelombang segitiga dengan suatu tegangan kontrol berupa gelombang DC murni. Pulsa PWM digunakan untuk mengendalikan rangkaian konverter yaitu dengan mengubah lebar pulsa. Perbandingan lebar pulsa dengan periode pulsa dikenal dengan faktor kerja pulsa yang menentukan kondisi *on* dan *off* komponen elektronika daya [1],[2],[3].*

Agar diperoleh kinerja konverter yang baik, frekuensi pulsa *PWM* harus disesuaikan dengan komponen-komponen penyusun konverter. Selain itu, metode pengendalian konverter dengan *PWM* juga harus mempertimbangkan jenis konverter. Pada *DC-DC converter* yang menggunakan *H-Bridge*, pengendaliannya dapat menggunakan metode *bipolar PWM* atau *unipolar PWM*.

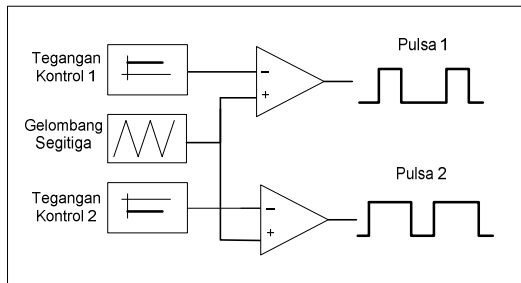
Pengendalian dengan *unipolar PWM* akan memberikan kinerja yang lebih baik karena faktor riaknya lebih kecil dibandingkan dengan pengendalian menggunakan *bipolar PWM* [1],[2],[3].

Penelitian ini merupakan lanjutan penelitian sebelumnya [4] tetapi telah dikembangkan sehingga diperoleh pulsa *PWM* yang dihasilkan dapat diatur pada berbagai rentang frekuensi. Rangkaian yang dihasilkan dapat digunakan untuk berbagai percobaan untuk pengendalian *DC-DC converter*.

## II. METODE PENELITIAN

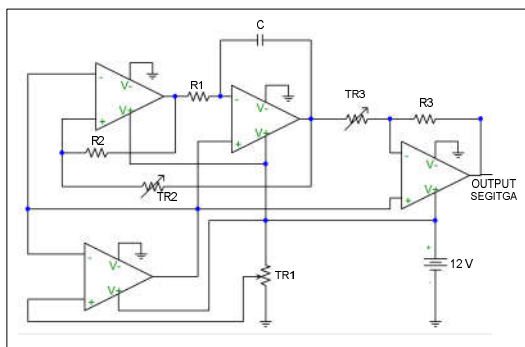
Metode pembangkitan pulsa *unipolar PWM* diperlihatkan pada Gambar 1. Untuk membangkitkan pulsa *unipolar PWM* dibutuhkan tiga buah rangkaian utama yaitu pembangkit gelombang segitiga, tegangan kontrol, dan

pembandingan. Frekuensi pulsa yang dihasilkan dipengaruhi oleh gelombang segitiga sedangkan faktor kerja pulsa dipengaruhi oleh tegangan kontrol.



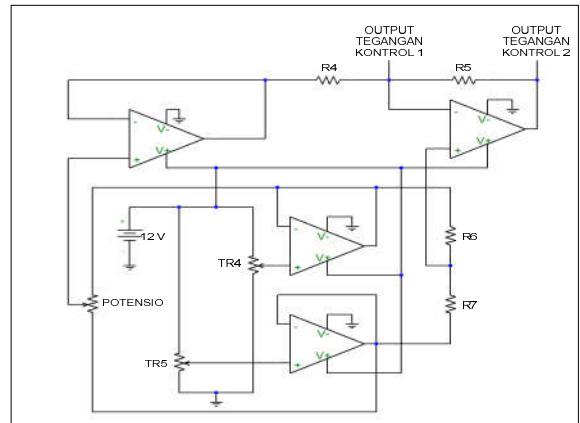
Gambar 1. Pembangkitan pulsa unipolar PWM

Gelombang segitiga dapat dihasilkan dengan mengkaskade osilator relaksasi dengan integrator [5]. Osilator relaksasi dan integrator tersebut dapat dibuat dengan Op-Amp. Rangkaian untuk membangkitkan gelombang segitiga diplihatkan pada Gambar 2. Frekuensi gelombang segitiga dipengaruhi oleh nilai kapasitansi kapasitor dan setelan trimpot TR2.



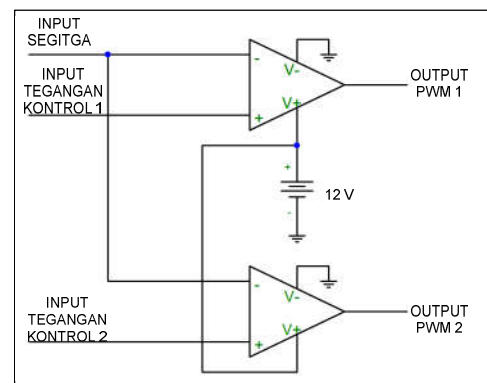
Gambar 2. Rancangan pembangkit gelombang segitiga

Pada rangkaian tegangan kontrol (terlihat pada Gambar 3), perubahan faktor kerja pulsa dilakukan melalui potensio. Tegangan kontrol kedua diperoleh dengan memperkuat tegangan kontrol pertama dengan penguatan sebesar -1. Agar posisi potensio dapat digunakan 100%, maka nilai maksimum dan minimum tegangan kontrol harus disesuaikan dengan nilai maksimum dan minimum gelombang segitiga. Penyesuaian nilai maksimum dan minimum tersebut diatur melalui trimpot TR3, TR4, dan TR5.



Gambar 3. Rancangan rangkaian tegangan kontrol

Keluaran dari rangkaian pembangkit gelombang segitiga dan tegangan kontrol merupakan masukan rangkaian pembandingan (terlihat pada Gambar 4). Dengan mengubah nilai kapasitansi kapasitor dan menyetel posisi trimpot TR2 maka diperoleh pulsa PWM pada berbagai rentang frekuensi.



Gambar 4. Rancangan rangkaian pembandingan

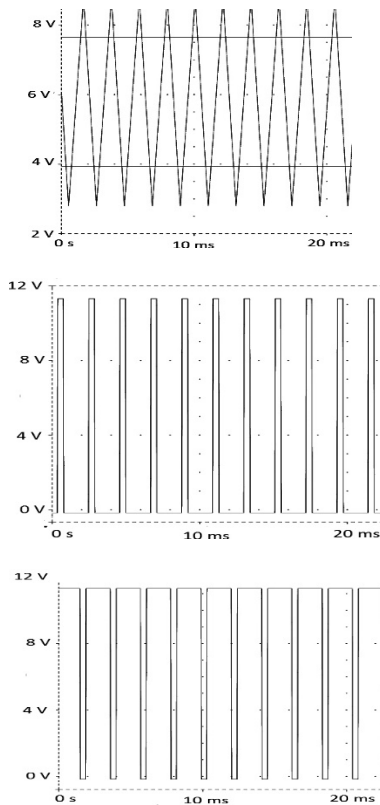
### III. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Komponen Op-Amp yang digunakan untuk implementasi rancangan adalah LM 324. Komponen tersebut dapat bekerja pada tegangan 3V sampai dengan 30V. Nilai-nilai resistansi resistor, trimpot, dan potensio yang digunakan pada rangkaian adalah 100kΩ. Frekuensi gelombang segitiga diperoleh dengan menggunakan kapasitor 0.1uF, 0.033uF, 0.01uF, 0.0033uF, dan 0.001uF. Pada setiap nilai kapasitor tersebut, perubahan rentang frekuensi yang dihasilkan dengan penyetelan posisi trimpot TR2 adalah :

1. Kapasitor 0.1uF, frekuensi pulsa antara 30Hz sampai dengan 250Hz
2. Kapasitor 0.033uF, frekuensi pulsa antara 100Hz sampai dengan 700Hz
3. Kapasitor 0.01uF, frekuensi pulsa antara 0.25kHz sampai dengan 2kHz
4. Kapasitor 0.0033uF, frekuensi pulsa antara 0.85kHz sampai dengan 5kHz

Untuk ukuran kapasitor 0.001uF, gelombang segitiga yang dihasilkan mengalami distorsi yang cukup besar sehingga Pulsa PWM yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diharapkan.

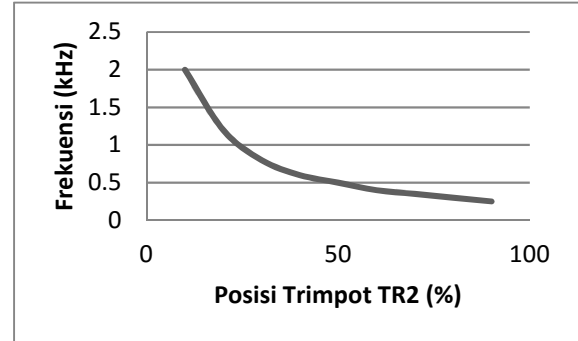
Gambar 5 memperlihatkan hasil simulasi untuk nilai kapasitor 0.01uF, TR2 disetel pada posisi 50%, dan potensio pada nilai 20%. Hasil perbandingan pulsa segitiga dan tegangan kontrol memberikan pulsa *unipolar PWM* dengan frekuensi sekitar 50Hz. Faktor kerja pulsa PWM 1 sekitar 20% dan pulsa PWM 2 sekitar 80%.



Gambar 5. Hasil simulasi

Penyetelan trimpot TR2 untuk menghasilkan rentang frekuensi juga memberikan hasil yang cukup baik. Salah satunya diperlihatkan pada Gambar 6. Walaupun

perubahannya tidak linier secara keseluruhan tetapi posisi penyetelan trimpot TR2 seluruhnya dapat dimanfaatkan dan sensitivitasnya cukup baik.



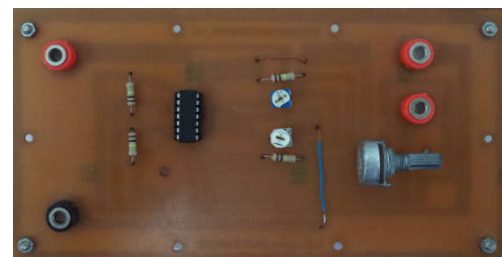
Gambar 6. Pengaruh penyetelan trimpot TR2 terhadap frekuensi untuk ukuran kapasitor 0.01uF

Pada aplikasi DC-DC *converter* menggunakan *H-Bridge* untuk mengatur kecepatan motor DC, frekuensi pulsa pengontrolan umumnya pada orde ratusan Hertz. Dari hasil di atas, ukuran kapasitor yang sesuai adalah 0,01 uF. Untuk ukuran kapasitor 0.1uF, frekuensi yang dihasilkan dapat digunakan untuk *Square Wave Converter*. Sedangkan untuk ukuran kapasitor 0.0033uF, frekuensi pulsa dapat digunakan untuk pengontrolan *Buck*, *Boost*, dan *Buck-Boost converter*.

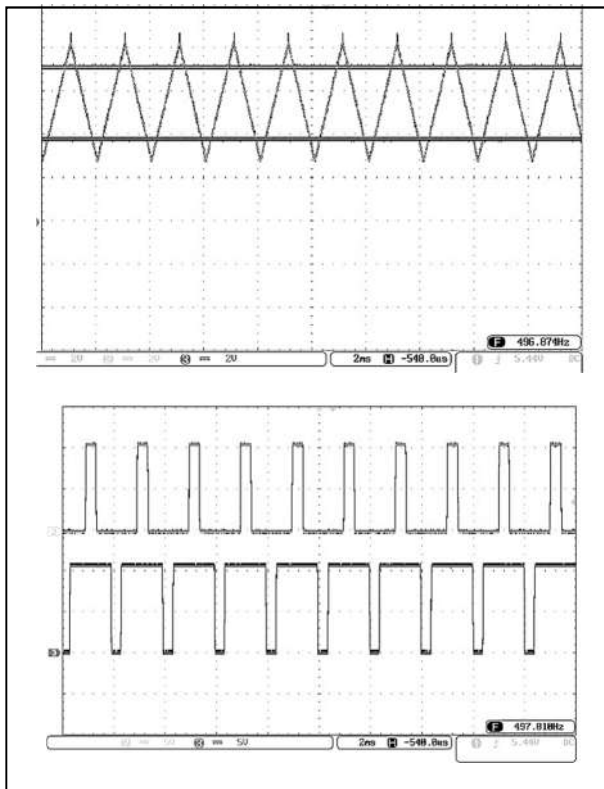
Hasil implementasi rancangan diperlihatkan pada Gambar 7 dan 8. Pengukuran yang diperoleh dari implementasi rancangan relatif sama dengan hasil simulasi. Hasil pengukuran dengan osiloskop untuk nilai kapasitor 0.01uF, penyetelan trimpot TR2 pada posisi 50%, dan potensio pada nilai 20 % dipelihatkan pada Gambar 9.



Gambar 7. Rangkaian pembangkit segitiga



Gambar 8. Rangkaian tegangan kontrol



Gambar 9. Hasil pengukuran osiloskop

#### IV. KESIMPULAN

Pulsa PWM dapat diperoleh menggunakan Op-Amp yang difungsikan sebagai pembangkit gelombang segitiga, pengatur tegangan kontrol, dan pembanding. Frekuensi pulsa dapat diatur pada berbagai rentang frekuensi sesuai dengan nilai kapasitor digunakan. Nilai kapasitor dari hasil penelitian berkisar antara 0.1 $\mu$ F sampai dengan 0.0033 $\mu$ F, dengan rentang frekuensi 30Hz sampai dengan 5kHz.

#### V. SARAN

Hasil yang diperoleh dapat dikembangkan untuk penelitian rangkaian kendali *unipolar PWM* yang dilengkapi dengan pengontrolan *dead time* sehingga kinerja komponen elektronika daya akan semakin baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hart, D.W. (1997). *Introduction to Power Electronics*. Prentice-Hall International, Inc., Indiana.
- [2] Mohan, Undeland, Robbins. (1995). *Power Electronics, Second edition*. John Wiley & Sons Inc., Singapore.
- [3] Rashid, M.H. (1988). *Power Electronics: Circuits, Devices and Application*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- [4] Asmar (2014). *Rancang Bangun Unipolar PWM untuk Pengendalian Rangkaian H-Bridge Menggunakan Operational Amplifier*. Jurnal ECOTIPE Vol.1 No.1 April 2014, Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.
- [5] Zuhail, Zhanggishan (2004). *Prinsip Dasar Elektroteknik*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.