

DC to DC converter sebagai pembangkit tegangan tinggi pada resistivity meter

Hartono, R. Farzand Abdullatif*, Abdullah Nur Aziz, Sahrul Iksan

Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jenderal Soedirman
Jalan Dr. Suparno No.61 Karangwangkal Purwokerto Jawa Tengah Indonesia
*e-mail: farzand@unsoed.ac.id

Abstrak – Penelitian rancang bangun DC-DC converter untuk menghasilkan catu daya DC tegangan tinggi telah dilakukan menggunakan metode Pulse Width Modulation (PWM) konfigurasi push-pull. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan tegangan tinggi DC menggunakan sumber daya 12 V dan menentukan karakteristik pembebanan DC-DC converter. Terdapat empat rangkaian utama dalam DC-DC converter yaitu rangkaian Multivibrator menggunakan IC TL494, rangkaian driver MOSFET menggunakan optocoupler TLP250, rangkaian switching MOSFET, rangkaian penyearah menggunakan dioda bridge KBP-206. Tegangan input menggunakan baterai 12 V 7,2 Ah dan frekuensi switching yang digunakan 25kHz. Ferrite ETD29 dipilih sebagai transformator step up berfrekuensi tinggi. Penelitian ini dilakukan uji pembebanan menggunakan resistor 2 k ohm hingga 50 k ohm. Hasil pengujian tegangan output dari DC-DC converter sebesar 335 V pada keadaan open circuit dan yang mengalami penurunan tegangan 10 % dari tegangan normal pada penarikan arus mulai 91,86 mA.

Kata Kunci: konverter DC-DC, Pulse Width Modulation, Multivibrator, switching MOSFET

Abstract – A DC-DC converter that generates high-voltage DC from a 12 V power supply has been built. Designed using the pulse width modulation (PMW) method in push-pull configuration, the load characteristic of the DC-DC converter was studied. Four The system consists of four main circuits, i.e. the TL594 IC multivibrator circuit, the TLP250 optocoupler MOSFET driver circuit, the MOSFET switching circuit, and the KBP-206 diode bridge rectifier circuit. The system is powered by a 12 V 7,2 Ah battery with a 25 kHz switching frequency. An ETD29 ferrite is used for the high-frequency step-up transformer. Conducted by placing the system under a loading test ranging from 2 kohm to 50 kOhm, the study found that the converter yields a 335 V voltage output at open conditions, and its voltage drops to 10% from its normal value as it draws a current of 91,86mA.

Key words: DC-DC converter, Pulse Width Modulation, Multivibrator, switching MOSFET

PENDAHULUAN

Survei geofisika merupakan metode untuk melakukan pendugaan struktur batuan bawah permukaan melalui pengukuran di permukaan. Salah satu metode survei yang sering digunakan adalah geolistrik resistivitas. Survei dengan metode ini membutuhkan peralatan survei yang utama adalah resistivity meter. Resistivity meter dirancang dan dibangun dalam tiga bagian utama, yaitu rangkaian pembangkit tegangan tinggi DC, rangkaian pensaklaran dan bagian terakhir adalah modul pengukur arus dan tegangan.

Banyak peralatan listrik dan elektronik yang membutuhkan catu daya DC tegangan tinggi, termasuk alat survei geofisika resistivity meter. Pembangkit tegangan tinggi pada resistivity meter merupakan bagian penting dari

alat tersebut. Pembangkit tegangan tinggi atau catu daya tegangan tinggi merupakan suatu piranti elektronik yang dapat menghasilkan arus listrik dengan tegangan tinggi [1]. Penelitian ini adalah untuk menghasilkan tegangan tinggi DC dari tegangan masukan 12 V DC.

Tegangan tinggi arus searah dalam elektronika daya merupakan tegangan yang di mulai dari batas 220 V sampai dengan tegangan yang mempunyai nilai ribuan volt. Terdapat empat jenis batas tegangan tinggi, yaitu: Tegangan Tinggi (High Voltage) mulai dari 220 V hingga 2,4 KV, Tegangan Tinggi Menengah (Medium High Voltage) mulai dari 3 KV hingga 30 KV, Tegangan Ekstra Tinggi (Extra High Voltage) mulai dari 60 KV hingga 100 KV, dan Tegangan Ultra Tinggi (Ultra High Voltage) mulai dari 240 KV hingga 1000 KV. Sementara catu daya yang dipasangkan pada alat tersebut

umum 12 V atau 24 V. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang mampu menghasilkan suplai tegangan searah DC (*Direct Current*), yang dihasilkan melalui konversi tegangan masukan ke tingkat tegangan keluaran yang lebih tinggi yang disebut DC to DC converter [2].

Rangkaian yang digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi sangat beragam. Rangkaian yang paling sederhana adalah metode Dickson. Metode ini menggunakan dioda dan kapasitor yang disusun secara berseri (Mikailu A et al., 2015). Teknik lain untuk dapat meningkatkan tegangan adalah dengan teknik Pulse Width Modulation (PWM). Modifikasi PWM dengan sistem switching dapat memperbaiki hasil sinyal AC yang dihasilkan [4].

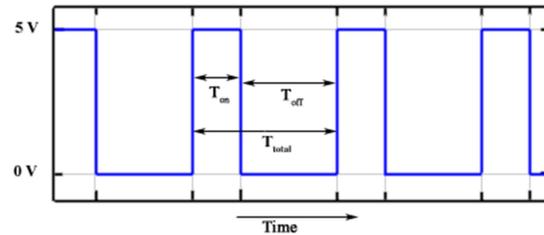
Rangkaian-rangkaian seperti Inverter, DC-DC Converter, *Switch mode power supply* (SMPS) dan Pengontrol kecepatan (*Speed Controller*) adalah rangkaian-rangkaian mempunyai banyak sakelar elektronik di dalamnya. Sakelar-sakelar elektronik yang digunakan pada rangkaian tersebut umumnya adalah komponen elektronik daya seperti MOSFET, IGBT, TRIAC dan lain-lainnya. Untuk mengendalikan sakelar elektronik daya semacam ini, membutuhkan metode *Pulse Width Modulation* (PWM)

Metode PWM merupakan metode modulasi lebar pulsa yang berfungsi untuk mengubah atau mengatur periode on (T_{on}) dengan frekuensi dan amplitudo yang tetap. Sinyal PWM umumnya berbentuk kotak persegi. Lebar sempitnya kotak persegi ditentukan nilai *duty cycle*. *Duty cycle* merupakan perbandingan sinyal PWM pada kondisi on dalam satu periode (Nugraha & Krismadinata, 2020). Perbandingan antara waktu di mana sinyal pada kondisi Periode on (T_{on}) dengan periode off atau nol (T_{off}) disebut *duty cycle* (D). Untuk menentukan besarnya *duty cycle* digunakan persamaan

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \times 100\% , \quad (1)$$

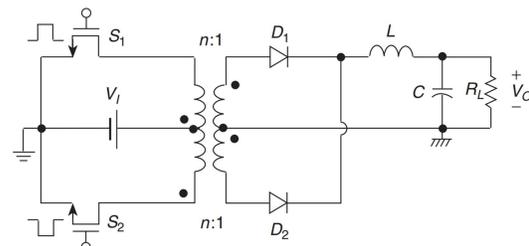
dengan D menyatakan *duty cycle*, t_{on} adalah periode waktu on (s) di mana tegangan output berada pada kondisi high, t_{off} adalah waktu periode off (s) di mana tegangan output berada pada kondisi low. Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan mengatur *duty cycle* dan dapat dinyatakan dengan persamaan

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (2)$$



Gambar 1. Sinyal PWM

Pembuatan catu daya DC tegangan tinggi menggunakan rangkaian *push-pull converter*. Rangkaian ini terdiri dari dua buah MOSFET sebagai proses switching. Switching MOSFET merupakan proses untuk mengaktifkan dan menonaktifkan MOSFET secara bergantian sehingga mengubah sinyal listrik DC mejadi AC. Transformator step up difungsikan sebagai penaik tegangan AC. Agar tegangan tinggi AC diubah menjadi tegangan tinggi DC diperlukan rangkaian dioda penyearah jembatan penuh [5]. Rangkaian *push-pull converter* seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Push-Pull DC-DC Converter

METODE PENELITIAN

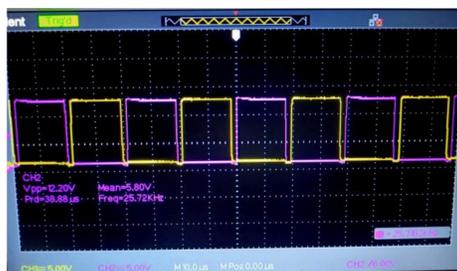
Penelitian ini dimulai pembuatan Multivibrator sebagai sistem control DC- DC converter. Rangkaian dibuat menggunakan IC TL494. Multivibrator difungsikan sebagai perangkat yang mengontrol switching pada rangkain MOSFET push-pull. Dengan mengatur nilai *duty cycle* untuk menghasilkan sinyal persegi. Multivibrator akan mengrim sinyal PWM pada driver MOSFET TLP250. Tujuan dari driver MOSFET yaitu sebagai penguat sinyal PWM yang dihasilkan dari multivibrator dikarenakan tegangan keluaran dari multivibrator belum cukup untuk membuat MOSFET bekerja pada daerah saturasi. Selanjutnya melakukan perancangan transformator untuk menghasilkan tegangan tinggi sekitar 300 V. Perancangan transformator menggunakan tegangan masukan sebesar 12 V dari baterai. Langkah terakhir

dalam pembuatan DC- DC converter yaitu melakukan perangkaian pada papan PCB sehingga menjadi catu daya DC tegangan tinggi.

Seluruh rangkaian sebelum diinstal akan dilakukan pengujian untuk mengetahui fungsi dan kinerjanya masing-masing. Pengujian terhadap rangkaian PWM dilakukan dengan menggunakan oscilloscope untuk melihat sinyal keluarannya. Variabel yang diamati dari keluaran PWM adalah tegangan puncak-puncak (V_{pp}), duty cycle dan frekuensinya. Pengujian transformator dilakukan dengan menggunakan generator isyarat sebagai pembangkit sinyal dan oscilloscope untuk menampilkan hasilnya. Variabel yang diamati adalah tegangan masukan dan tegangan keluaran yang dihasilkan transformator step up. Tahap pengujian berikutnya adalah pengujian rangkaian penyearah. Pengujian penyearah dilakukan dengan menggunakan catu daya variabel sebagai sumber tegangan dan oscilloscope sebagai penampil hasilnya. Variabel yang diamati adalah nilai tegangan DC dan nilai riak gelombang yang masih terjadi. Penyearah yang baik harus mempunyai tegangan riak sekecil mungkin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

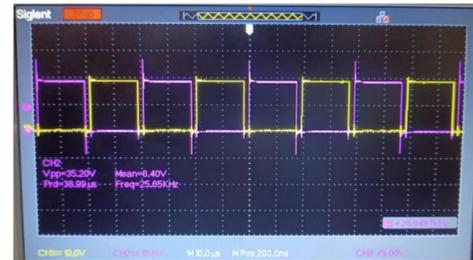
Sistem DC-DC Converter untuk menghasilkan catu daya DC tegangan tinggi terdapat jalur input sebagai power dari baterai 12 V 7,2 Ah. DC-DC converter bekerja dalam 3 tahap operasi. Tahap pertama kerja converter adalah mengkonversi tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC melalui switching MOSFET. Tahap kedua tegangan AC ditingkatkan menjadi tegangan tinggi menggunakan transformator. Tahap terakhir tegangan tinggi AC diubah menjadi bentuk DC melalui dioda penyearah.



Gambar 3. Sinyal PWM menggunakan TL494.

Berdasarkan hasil sinyal keluaran PWM yang ditampilkan pada osiloskop (**Gambar 3**), menunjukkan sinyal output keluaran dari TL494 berbentuk kotak dan memiliki duty cycle 47,5 %. Dapat dilihat bahwa nilai frekuensi switching

sebesar 25 kHz dan tegangan PWM sebesar 5,80 V. Nilai frekuensi switching dapat diatur menggunakan potensiometer yang terhubung dengan TL494. Pada **Gambar 3**, sinyal yang berwarna kuning menunjukkan output gate satu sedangkan sinyal berwarna ungu menunjukkan output gate dua. Terdapat perbedaan beda fase gelombang 180 derajat diantara sinyal tersebut. Perbedaan fase gelombang ini yang berfungsi mengaktifkan MOSFET bergantian sehingga tidak terjadi konduksi secara bersamaan.



Gambar 4. Sinyal PWM pada Kaki Gate 1 dan 2 dari MOSFET

Berdasarkan hasil sinyal keluaran output osiloskop pada **Gambar 4**, menunjukkan sinyal output keluaran dari gate driver MOSFET berbentuk kotak. Switching MOSFET yang baik adalah proses switching yang menghasilkan bentuk gelombang kotak sempurna. Dapat dilihat **Gambar 4** bentuk gelombang PWM dari gate driver terdapat ripple tegangan sebesar 35,5 V yang dipengaruhi oleh timbal induktansi dan kapasitansi dari gate MOSFET. Hal tersebut menandakan semakin besar nilai ripple tegangan suatu switching maka disipasi daya yang terjadi semakin besar, artinya daya tidak tersalurkan sepenuhnya ke beban melainkan membuat MOSFET menjadi panas [6].

Perbandingan peningkatan tegangan dapat dilihat antara **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Tegangan PWM mengalami peningkatan menjadi 8,40 V setelah melewati driver MOSFET. Peningkatan tegangan ini bertujuan untuk membuat MOSFET bekerja pada daerah saturasi. Daerah saturasi MOSFET IRLZ44N yaitu saat tegangan VGS 7 -16 V arus akan mengalir secara penuh. Selain memberikan peningkatan tegangan, TLP250 berfungsi untuk mengisolasi sinyal agar tidak mengganggu proses switching dikarenakan rangkaian control dan MOSFET tidak terhubung satu rangkaian melainkan terhubung secara optik.

Transformator yang digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi AC menggunakan transformator switching tipe ETD29. Tahap

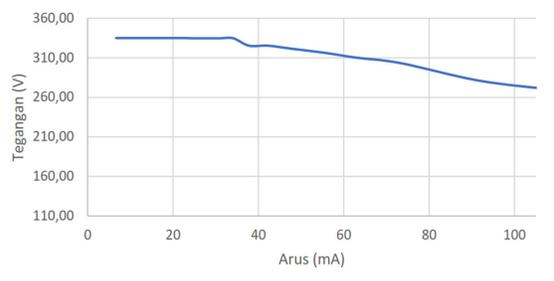
perancangan transformator yang harus diperhatikan yaitu menentukan lilitan primer dan lilitan sekunder. Hasil transformator switching dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 4.7 merupakan hasil lilitan central trap (CT) tranformator lilitan primer. Lilitan dimulai dari CT dengan jumlah dua kawat email a dan b yang memiliki ukuran 0,5 mm, arah lilitan masing masing kawat saling berlawanan. Kawat a searah jarum jam dan kawat (b) berlawanan arah jarum jam. Jumlah lilitan primer transformator 10 lilit dan lilitan sekunder 279 lilit. Pembuatan lilitan pada transformator diusahakan tidak boleh ada renggangan, hal ini untuk mencegah terjadinya induktansi bocor yang besar. Tegangan tinggi AC dapat dapat diukur menggunakan MMD. Hasil pengukuran tegangan input tranformator 12 V menghasilkan tegangan output 335 V dengan frekuensi sebesar 25 kHz. Sinyal keluaran dari transformator dihubungkan dengan rangkaian penyearah bridge untuk mendapatkan tegangan DC. Hasil pengukuran tegangan dari transformator pada kondisi *open circuit* seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter transformator dan tegangan transformator

V_{in}	12,46 Volt
V_{out}	335 Volt
N_{primer}	10 lilitan
$N_{sekunder}$	279 lilitan

Pengujian sistem DC-DC Converter dilakukan setelah semua komponen sudah terintegrasi. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan pembebanan berupa beban resistif. Pengujian pembebanan yang dilakukan menggunakan papan pengujian resistor 1 kohm 10 Watt sebanyak 16 buah dan 1 kohm 1 Watt sebanyak 34 buah. Hasil pengujian pembebanan dari DC-DC konverter seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil uji pembebanan DC-DC konverter

Gambar 5 menjelaskan pengujian tegangan keluaran DC-DC konverter terhadap perubahan arus 6,68 mA hingga 110,61 mA yang mengalami penurunan tegangan. Tegangan terbaik yang dihasilkan dari DC-DC converter adalah 335 V saat arus 6,68 mA hingga 22,83mA. Standar penurunan tegangan yang diperbolehkan maksimum 10% dari tegangan normal [9]. Berdasarkan grafik tersebut, terdapat penurunan tegangan yang melebihi 10% yaitu saat penarikan arus 91,86 mA dan 110,61 mA. Tegangan turun menjadi 281 V dan 268 V.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian DC-DC converter sebagai Pembangkit Tegangan Tinggi pada Resistivity Meter dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan tinggi DC sebesar 335 volt berhasil dibangkitkan dengan rangkaian DC-DC Converter
2. Hasil pengujian pembebanan menunjukkan penurunan tegangan melebihi 10% dari tegangan output pada penarikan arus mulai 91,86 mA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan bekerja sama sampai terselesaikannya penelitian ini. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada:

1. LPPM Universitas Jenderal Soedirman yang sudah menugaskan dan memberikan pembiayaan terhadap penelitian ini
2. Laboratorium Elektronika Instrumentasi dan Geofisika Jurusan Fisika FMIPA Unsoed atas dukungan peralatannya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Cahyadi, E. Nasrullah, & A. Trisanto, "Rancang Bangun Catu Daya DC 1V–20V Menggunakan Kendali PI Berbasis Mikrokontroler", *J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol 10, no. 2, 2016.
- [2] M. A. Assyidiq, B. Winardi, & T. Andromeda, "Perancangan Boost Converter Menggunakan Voltage Feedback Pada Panel Surya", *Transient: Jurnal Ilmiah*

- Teknik Elektro*, vol. 6, No. 3, pp. 404–410, 2017.
- [3] A. Mikailu, I. Abdullahi, M.G, Sani, & S. Muhammad, “Development of Digital Resistivity Meter”, *Advances in Physics Theories and Application*, vol. 42, pp. 56-61, 2015.
- [4] E. F. Huda, “Pengembangan digital resistivity meter multielektroda otomatis untuk konfigurasi Schlumberger”, *Pillar Of Physics*, vol. 13, no. 1, pp. 74-81, 2020. <http://dx.doi.org/10.24036/8291171074>
- [5] D. Nugraha, & K. Krismadinata, “Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Dengan Dengan Modulasi Lebar Pulsa PWM Menggunakan Antarmuka Komputer”, *Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional*, vol. 6, no. 1, pp. 340–351, 2020.
- [6] M. K. Kazimierczuk, “Pulse-width modulated DC-DC power converters”, John Wiley & Sons.
- [7] D. P. Mulyono, “Modifikasi Rangkaian Mekanik Bootstrap Untuk Meningkatkan Kinerja Gate Driver Mosfet”, Skripsi, Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia, 2017.
- [8] N. Septiani, S. Thaha, & N. Muchtar, “Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Rendah PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakkukang” *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, hlm 129–135, 2021.