

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN PEMBANGKIT TEGANGAN SYSTEM DC TO DC CONVERTER DAN KONVENSIONAL

Muhammad Amir Maruf¹, Muh Amirudin², Margono³

^{1, 2, 3}Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
 Jl. Sidodadi Timur NO.24-Dr Cipto, Semarang

Email: Marufamir10@gmail.com, amirudin@upgris.ac.id, margono27@gmail.com

Terkait perkembangannya terdapat dua system yang digunakan sebagai pembangkit listrik DC yaitu system konvensional dan DC to DC converter, dari permasalahan tersebut yang menjadi latar belakang dibuatnya analisis perbandingan desain pembangkit tegangan antara kedua system. Pengujian dilakukan pada Output keluaran masing-masing system pada tegangan 200 Volt DC, dengan pengujian beban 200 Ohm hingga 10 kOhm, system DC to DC converter menggunakan inverter dengan output 20KHz, dan system konvensional menggunakan transformator daya. Kesimpulan dari study kasus didapatkan bahwa system DC to DC converter memiliki efisiensi lebih bagus 59% dengan ripple tak tampak sedangkan konvensional memiliki efisiensi 31% dengan ripple tegangan 0,8%.

Kata kunci: Pembangkit Tegangan; Inverter; Transformator; Converter.

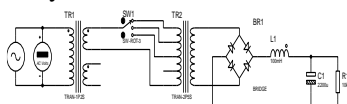
I. PENDAHULUAN

Pembangkit tegangan tinggi DC dapat dihasilkan menggunakan dua system yang saat ini digunakan dalam dunia pembangkit listrik. Akan tetapi, peralatan pembangkit tegangan tinggi DC yang ada sekarang ini masih dibutuhkan analisis pada efisiensi dan riplenya sehingga bisa menekan biaya operasional dan stabilitas tegangan. Pembangkit tegangan tinggi DC yang diharapkan memiliki hasil ripple 0 dengan efisiensi yang tinggi. Berdasarkan permasalahan diatas maka, penulis ingin membuat analisis perbandingan desain pembangkit tegangan system dc to dc converter dan konvensional.

II. STUDI PUSTAKA

A. Pembangkit Tegangan Tinggi DC

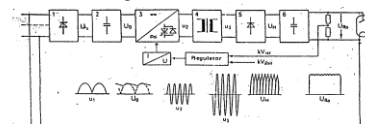
Pembangkit tegangan tinggi DC umumnya banyak digunakan dalam fisika terapan seperti instrumen dalam bidang nuklir (akselerator, mikroskop elektron), peralatan elektromedik, peralatan industry. Kebutuhan bentuk tegangan, tingkat tegangan dan besar arus serta kestabilan dari pembangkit tegangan tinggi tersebut akan berbeda satu aplikasi dengan lainnya.



Gambar 2.1 Skema Pembangkit Tegangan Tinggi Konvensional

B. Pembangkit tegangan tinggi DC to DC Converter

Converter adalah sebuah Listrik atau perangkat elektromekanis untuk konversi energi listrik. Seperti transformator mengubah tegangan dari AC listrik. Istilah lain juga bisa merujuk seperti mesin Listrik yang digunakan mengkonversi salah satu frekuensi dari arus bolak-balik frekuensi menjadi lain.



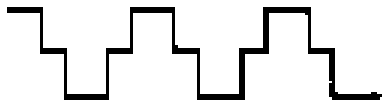
Gambar 2.2 Skema Pembangkit Tegangan Tinggi DC to DC Converter
 (Sumber: Barozi,2008)

a. Inverter

Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang memiliki fungsi untuk mengubah atau mengkonversi tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC). Karena itulah rangkaian daya ini disebut juga inverter karena sesuai dengan fungsinya. Rumus frekuensi yang dihasilkan dari rangkaian inverter:

$$f = \frac{1}{Ct (0.7 \times Rt + 3 \times Rd)} \tag{2.1}$$

Dimana C_t , R_t dan R_d akan mempengaruhi nilai frekuensi yang dihasilkan oleh IC SG3535



Gambar 2.2 Sinyal Output Inverter
(Sumber: <https://www.sanspower.com/2016/08/>)

C. Ripple Tegangan DC

Riak dalam elektronik adalah variasi periodik sisa tegangan DC dalam catu daya yang berasal dari sumber arus bolak-balik AC. Riak ini disebabkan oleh penekanan yang tidak lengkap pada bentuk gelombang bolak-balik setelah rektifikasi. Tegangan riak berasal dari keluaran penyearah atau dari pembangkitan dan pergantian daya DC. Dengan rumus Vripple sebagai berikut:

$$V_{ripple} = \frac{V_p}{2 f C R} \tag{2.2}$$

- Dimana:
- Vripple = Tegangan Riak.
 - V_p = Tegangan Maksimum (Volt).
 - f = Frekuensi (Hz).
 - C = Nilai kapasitor (H).
 - R = Nilai impedansi beban (Ohm).

Dimana V dan R dapat disederhanakan sehingga menjadi rumus sebagai berikut:

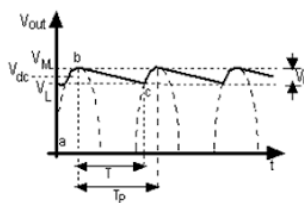
$$V_{ripple} = \frac{0.5 \times I \times T}{C} \tag{2.3}$$

- Dimana:
- Vripple = Tegangan Riak.
 - I = Arus listrik (A).
 - T = Waktu (Second).
 - C = Nilai kapasitor (H).

Kemudian setelah didapatkan nilai ripple, perhitungan presentasi ripple dengan rumus sebagai berikut:

$$V_{ripple} = \frac{V_{Ripple}}{V_{Total}} \times 100\% \tag{2.4}$$

Vripple dapat dilihat dalam range V_M dan V_L , sebagai berikut:



Gambar 2.3 Vripple DC
(Sumber: m-edukasi.kemendikbud /2020/08/)

D. Efisiensi Daya

Efisiensi daya listrik adalah upaya yang dapat dilakukan dalam mengurangi penggunaan daya listrik. Efisiensi adalah ketepatan cara (usaha, kerja) dalam menjalankan sesuatu dengan tidak membuang-buang waktu, tenaga dan biaya. Efisiensi juga berarti rasio antara input dan output atau biaya dan keuntungan.

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\% \tag{2.5}$$

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

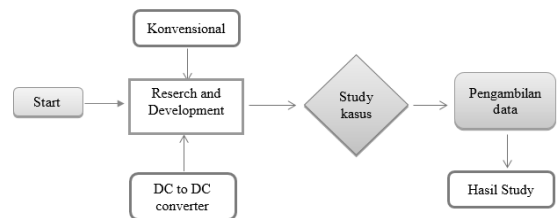
1. Waktu Penelitian
Pelaksanaan penelitian dilakukan pada tanggal 18 Oktober 2023 samapi 15 Desember 2023 di tempat penelitian.
2. Tempat Penelitian

Lokasi yang dilakukan pelaksanaan penelitian atau tempat mengambil data penelitian yaitu di Fakultas Teknik kampus 3 Universitas PGRI Semarang.



Gambar 3.1 Kampus 3 Universitas PGRI Semarang

B. Metodologi Penelitian

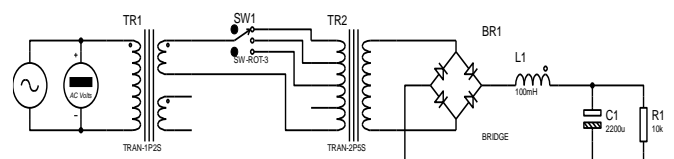


Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Dalam diagram alir diatas dibuat dua prototype simulasi rangkaian pembangkit yaitu pembangkit sistem konvensional dan juga pembangkit DC to DC converter, keduanya akan dibuat dalam modul berbeda, selanjutnya akan dilakukan study kasus yang membahas mengenai efektivitas kelebihan pada pembangkit DC to DC converter.

jika hasil study kasus tidak sesuai maka penulis akan melakukan review kembali modul untuk diperbaiki sesuai dengan landasan teori yang benar, dan kemudian dilakukan study kasus kembali, apabila hasil study kasus efektivitas telah sesuai dengan landasan teori penelitian, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data, setelah data diambil kemudian ditulis pada hasil study penelitian.

1. Skematik Rangkaian Konvensional



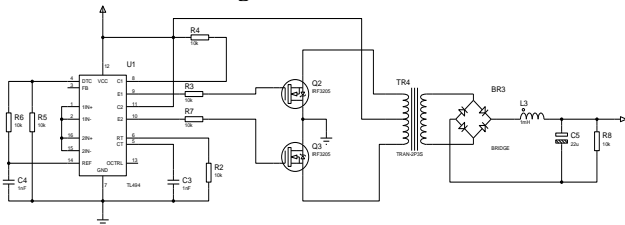
Gambar 3.3 Skematik Pembangkit Konvensional

Tegangan PLN yang masuk melalui rangkaian yaitu dengan rata-rata tegangan 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz, kemudian selektor berfungsi untuk memilih tegangan sesuai kebutuhan dari operasional dengan menggunakan

part yaitu auto transformator, setelah didapatkan nilai tegangan yang sesuai pemilihan kemudian amplitudo tegangan akan dikuatkan oleh trafo step up sesuai batasan yang telah ditentukan oleh penulis.

tegangan sinus dengan amplitudo tinggi tersebut kemudian akan diproses melalui rectifier yang merupakan bagian dari rangkaian yang memiliki fungsi untuk menyearahkan tegangan agar membentuk fasa positif, setelah tegangan terbentuk DC murni kemudian akan masuk ke rangkaian/fungsi rangkaian kapasitor yang berfungsi untuk menekan ripple pada sinyal tegangan DC.

2.Skematik Rangkaian DC to DC converter



Gambar 3.4 Skematik DC to DC converter

Perhitungan Frekuensi output inverter Menggunakan IC pembangkit PWM SG3525. Waktu kapasitor (CT) dihubungkan antara pin 5 dan tanah. Resistor waktu (RT) dihubungkan antara pin 6 dan tanah. Resistansi antara pin 5 dan 7 (RD) menentukan dead time (mempengaruhi frekuensi). Hubungan antara RT dan RD satuan dalam Ω dan CT satuan dalam Farad, f satuan dalam Hz. Nilai-nilai khas dari RD berada dikisaran 10Ω sampai 47Ω. Rentang nilai yang dapat digunakan (seperti yang ditentukan oleh produsen SG3525) adalah 0 Ω sampai 500Ω.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem DC to DC converter ini menggunakan sistem pembangkit frekuensi inverter dengan IC SG3525 dengan nilai frekuensi 21KHz, sinyal yang dihasilkan adalah sinyal kotak dengan amplitude tegangan VP 12 Volt seperti pada gambar 4.1, sinyal tersebut dikuatkan dengan trafo ferrit step up yang menghasilkan tegangan 176 volt dengan frekuensi 20 KHz seperti pada gambar 4.2. Alat ini menggunakan sistem half bridge maka membutuhkan 2 mosfet IRF3205 yang memiliki keluaran berupa gelombang kotak.

Pengujian ini dimulai dari pengujian yang pertama adalah pengujian output PWM dari IC SG3525, pengujian output dari rangkaian inverter, pengujian penyearah, yang terakhir yaitu pengujian ada filter, setelah semua pengujian selesai, lanjut ke tahap selanjutnya pengujian pada rangkaian konvensional dengan menggunakan metode yang sama yaitu pengujian output transformator, pengujian output trafo step up, pengujian rangkaian penyearah dan pengujian filter, selanjutnya kedua sistem tersebut diuji dalam hal ripple output akhir dan efisiensi rangkaian.

A. Analisis Sistem DC to DC converter

Pengujian alat menggunakan alat ukur ini diperlukan untuk mengetahui hasil simulasi yang sudah di rencanakan sebelumnya, pegujian ini berupa pengukuran keluaran dari IC SG3525 sampai dengan ke beban akhir.

Sinyal PWM dapat dilihat mempunyai duty cycle 66%, dengan frekuensi 20.2 KHz: Kedua sinyal output

PWM yang dihasilkan oleh SG3525 (P1 dan P2) digunakan untuk mengendalikan 2 driver mosfet IRF3025 dengan besaran 12 Volt dan frekuensi 20.2 KHz masuk kedalam Mosfet sebagai gate Mosfet, kedua mosfet tersebut berfungsi sebagai pembolak balik arus yang mengalir dalam kumparan transformator.

Duty cycle terhitung berdasarkan T On dan T Total, berikut adalah hasil pengukuran duty cycle:

$$Duty\ cycle = \frac{T_{on}}{T_{Total}} \times 100\%$$

$$Duty\ cycle = \frac{160\mu S}{240\mu S} \times 100\%$$

$$Duty\ cycle = \frac{2}{3} \times 100\%$$

$$Duty\ cycle = 66\% \tag{3.1}$$

Adapun hasil frekuensi yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{Ct (0.7 \times Rt + 3 \times Rd)}$$

$$f = \frac{1}{10 \times 10^{-9} (0.7 \times 4300 + 3 \times 100)}$$

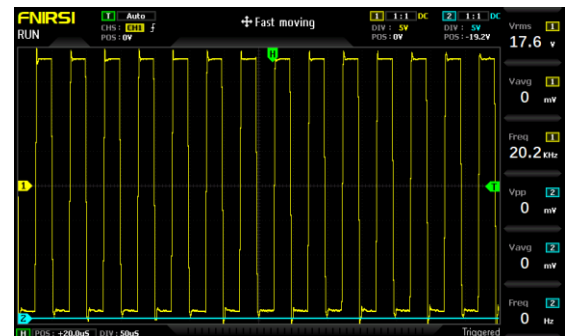
$$f = \frac{1}{10 \times 10^{-9} (4300 + 300)}$$

$$f = \frac{1}{10 \times 10^{-9} (4600)}$$

$$f = \frac{10 \times (4600)}{10^8}$$

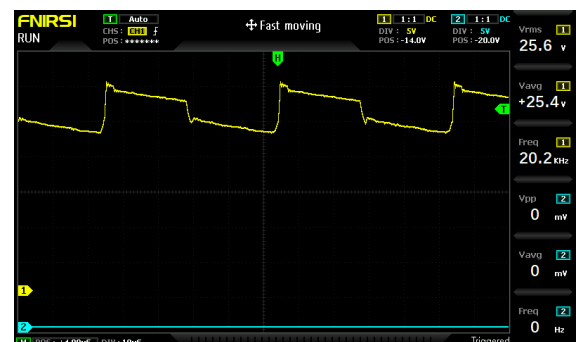
$$f = \frac{4600}{10^8}$$

$$f = 21\text{KHz} \tag{3.2}$$



Gambar 3.5 Hasil Output Inverter

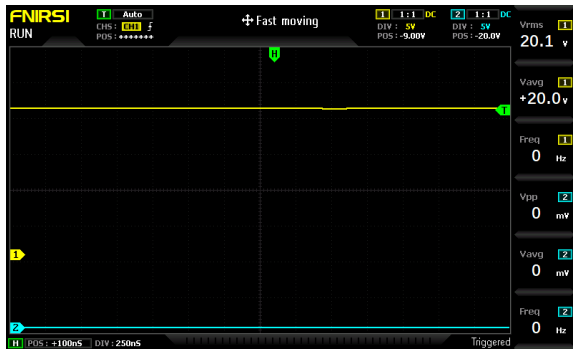
Rangkaian penyearah berfungsi untuk menyearahkan atau mengubah sinyal AC menjadi sinyal DC murni, terlihat banyak ripple ada sinyal outputnya.



Gambar 3.6 Hasil Output Penyearah

Pengujian filter kapasitor (C) berfungsi untuk mengurangi ripple dari keluaran penyearah menggunakan

prinsip pengisian dan pengosongan kapasitor. Terlihat pada gambar 4.4 ripple berkurang signifikan dibanding sebelum menggunakan filter kapasitor dengan tegangan output 20.1v dengan resolusi 10 kali.



Gambar 3.7 Hasil Output System

Analisis selanjutnya dimaksud untuk mengkaji nilai hasil efisiensi dari rangkaian meliputi daya masuk daya daya keluaran, sebelumnya dilakukan pengujian beban untuk melihat beban yang sesuai dan cocok digunakan untuk pengujian dengan tabel pengambilan data sebagai berikut.

Perhitungan nilai V ripple DC to DC

$$\begin{aligned}
 R. \text{ Load} &= 200. \\
 V_{dc} &= 198 \text{ V} \\
 I &= \frac{V}{R} = \frac{198}{200} = 1 \text{ A} \\
 C &= 47 \mu\text{F} \\
 t_{\text{charge}} &= \left(\frac{1}{f}\right) \\
 t_{\text{charge}} &= \left(\frac{1}{38000}\right) \\
 t_{\text{charge}} &= 26 \times 10^{-6} \\
 V_{\text{ripple}} &= \frac{V_p}{2 f C R} \\
 V_{\text{ripple}} &= \frac{0.5 \times I \times T}{C} \\
 V_{\text{ripple}} &= \frac{0.5 \times 1 \times 10^{-3} \times 26 \times 10^{-6}}{47 \times 10^{-6}} \\
 V_{\text{ripple}} &= \frac{13 \times 10^{-9}}{47 \times 10^{-6}} \\
 V_{\text{ripple}} &= 0.2 \times 10^{-3} \text{ Volt} \\
 V_{\text{ripple}} &= 0.002 \text{ Volt} \tag{3.3}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan persentasi V ripple untuk sistem konvensional adalah : 0,001 %

Tegangan listrik bolak balik dari inverter dengan frekuensi 20 KHz disearahkanoleh peyearah rectifier dan difilter oleh condensator akan menghasilkan tegangan searah/DC kemudian masuk kedalam rangkaian inverter dan dirubah menjadi tegangan bolak balik/AC dengan frekuensi yang telah ditentukan oleh penulis yang kemudian tegangan hasil inverter tersebut diberi nama V2. Untuk menaikkan tegangan V2 menjadi tegangan tinggi dipergunakan rangkaian tegangan tinggi atau step up, tegangan tinggi ini kemudian disearahkan oleh rectifier menjadi tegangan yang seperti gambar UH.selanjutnya tegangan akan difilter oleh rangkaian kapasitor sehingga didapat sinyal yang lebih rata dan bagus.

Pengujian efisiensi sistem dilakukan dengan melihat daya masuk dan daya yang dihasilkan untuk mengangkat dengan pengukuran:

	DC to DC converter
Daya Input	22 watt
Daya Output	13 Watt
Efisiensi	59%

Label 3.1 Efisiensi DC to DC Converter

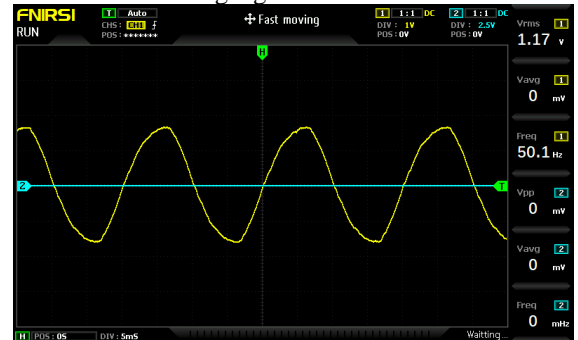
B. Analisis Sistem Konvensional

Pengujian alat menggunakan alat ukur ini diperlukan untuk mengetahui hasil modul yang sudah di rencanakan sebelumnya, pegujian ini berupa pengukuran keluaran dari trafo sampai dengan ke beban akhir

Pengujian Output trafo step down

Pengujian ini dilakukan untuk melihat sinyal dan besaran tegangan yang dihasilkan dari trafo step down, fungsi dari trafo step down sebagai penurunan tagangan dari input tegangan PLN sebesar 220Volt 50Hz menjadi 12 Volt 50Hz.

Pada resolusi pengukuran 1:10 menghasilkan tegangan 11.7 volt pada output trafo step down. Hasil yang dikeluarkan tidak merubah bentuk sinyal dan frekuensi, hanya merubah besaran tegangan.



Gambar 3.8 Output Autotrafo Konvensional

Mencari nilai perbandingan lilitan trafo primer dan sekunder pada trafo step Up.

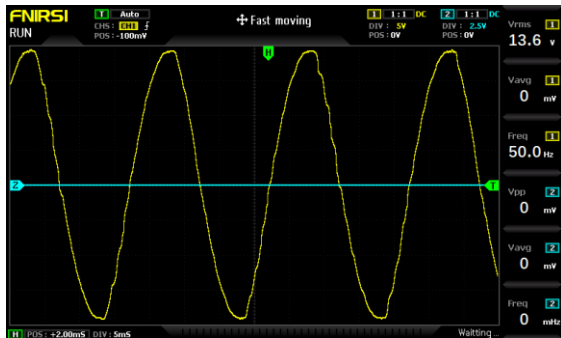
$$\begin{aligned}
 \text{Selektor 1} \\
 N_s &= \frac{V_s}{V_p} N_p \\
 N_s &= \frac{220}{12} N_p \\
 N_s &= 18.3 N_p \tag{3.4}
 \end{aligned}$$

Nilai Output trafo saat menggunakan selector S1 dengan input 12 Vac

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{N_s}{N_p} V_p \\
 V_s &= \frac{18.3 N_p}{N_p} V_p \\
 V_s &= 18.3 \times 12 \text{ VAC} \\
 V_s &= 220 \text{ Vac} \tag{3.5}
 \end{aligned}$$

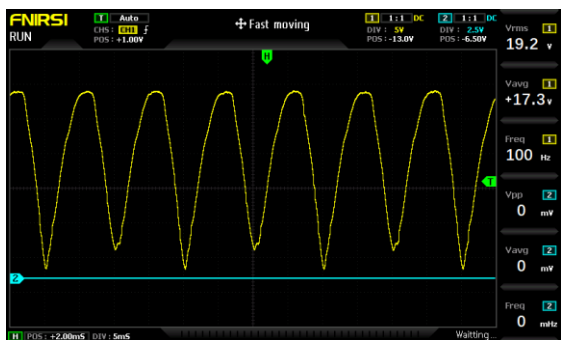
Pengukuran dilakukan pada test point output dari tranformator ferit inverter, dengan perbandingan humparan antara Ninput dan Noutput trafo sebesar 1:18, sehingga

mampu menghasilkan tegangan dengan nilai 220V dengan frekuensi 50 Hz berbentuk sinus



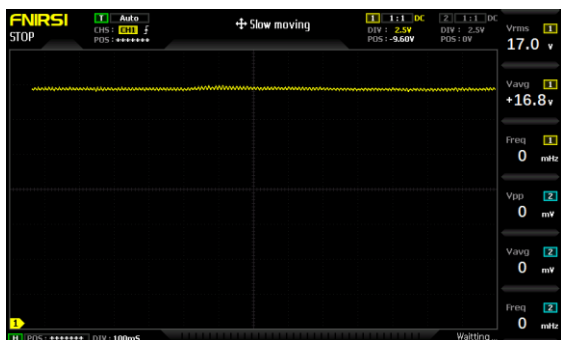
Gambar 3.9 Hasil Output Trafo Step Up

Rangkaian penyearah berfungsi untuk menyearahkan atau mengubah sinyal AC menjadi sinyal DC murni, terlihat banyak ripple ada sinyal outputnya.



Gambar 3.10 Hasil Output Penyearah

Pengujian filter kapasitor (C) berfungsi untuk mengurangi ripple dari keluaran penyearah menggunakan prinsip pengisian dan pengosongan kapasitor. Terlihat pada gambar 4.4 ripple berkurang signifikan dibanding sebelum menggunakan filter kapasitor dengan tegangan output 20.1v dengan resolusi 10 kali.



Gambar 3.11 Hasil Output System Konvensional

Analisis selanjutnya dimaksud untuk mengkaji nilai hasil efisiensi dari rangkaian meliputi daya masuk daya daya keluaran, sebelumnya dilakukan pengujian beban untuk melihat beban yang sesuai dan cocok digunakan untuk pengujian dengan tabel pengambilan data sebagai berikut.

Perhitungan nilai V ripple konvensional
Hasil ripple Output Konvensional:

$$V_{ripple} = \frac{V_{ripple}}{V_{Total}} \times 100\%$$

$$V_{ripple} = \frac{2 \text{ volt}}{178 \text{ volt}} \times 100\%$$

$$V_{ripple} = 1,12\% \quad (3.^{\wedge})$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan persentasi V ripple untuk sistem konvensional adalah : 1,12 %.

Analisa dimaksud untuk mengkaji nilai hasil efisiensi dari rangkaian meliputi daya masuk daya daya keluaran, sebelumnya dilakukan pengujian beban untuk melihat beban yang sesuai dan cocok digunakan untuk pengujian dengan tabel pengambilan data sebagai berikut

Mencari nilai hambatan yang tepat untuk digunakan sebagai beban. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai beban yang akan digunakan untuk pengujian.

Pengujian efisiensi sistem dilakukan dengan melihat daya masuk dan daya yang dihasilkan untuk mengangkat dengan pengukuran:

	Konvensional
Daya Input	66 Watt
Daya Output	21 Watt
Efisiensi	31%

Label 3.1 Efisiensi Konverter

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Dalam penelitian ini pengambilan data di dapatkan hasil bahwa sistem DC to DC converter memiliki ripple yang tidak nampak, sedangkan sistem konvensional memiliki ripple 0.8%.

Dalam pengukuran efisiensi daya didapatkan hasil bahwa sistem DC to DC converter memiliki efisiensi 59%, sedangkan sistem konvensional memiliki efisiensi 31%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Jurnal ini saya persembahkan sebagai bentuk rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan segala sesuatu yang layak saya syukuri di setiap langkah dalam pembuatan skripsi, semoga dengan keberhasilan ini dapat menjadi manfaat untuk kemudian dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

REFERENSI

- [1] Afgani, M. I. Al, & Riandadari, D. (2018). Rancang Bangun Trainer Trafo Step Up dan Step Down dalam Satu Sistem. *Jrm*, 5, 73–77.
- [2] Andrian, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Otomatis Pemutus Jaringan Tiga Phase Berdasarkan Pendeteksian Arus Pada Jaringan Netral. Universitas Medan Area.
- [3] Apa Itu Trafo? Apa Itu Transformator? Cara Kerja Trafo? Prinsip Kerja Trafo? (2020). *Museum Listrik*.
- [4] Barozi, R. (2007). Pesawat Rontgen Frekwensi Tinggi. Teknosain.
- [5] Farhan, M., Gozali, R. M., Bachri, S., & Muldayani, W. (2022). Rancang Bangun Inverter Berkapasitas 200 Watt Dengan Metode Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) Bipolar Pada Robot ASPER-19. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 8(1), 22. <https://doi.org/10.19184/jaei.v8i1.27886>
- [6] Ferdian, A., Rafi Al Tahtawi, A., Yahya, S., Studi Teknik Otomasi Industri, P., Teknik Elektro, J., Negeri Bandung Jalan Gegerkalong Hilir, P., & Bandung Barat, K. (2021). Perancangan dan Implementasi Sistem Kendali Tegangan Boost Converter Menggunakan Fuzzy Integral Controller.

- Semnastera.Polteksmi.Ac.Id.*
<https://semnastera.polteksmi.ac.id/index.php/semnastera/article/view/232>
- [7] Irawan, D., Innovation, Z. K.-J. of E. and, & 2023, undefined. (n.d.). Analisis Performance Induktor Pada Konverter Boost Pembangkit Listrik Tenaga Surya 120 Watt Peak (WP). *Nafatimahpustaka.Org*. Retrieved December 22, 2023, from <https://nafatimahpustaka.org/jein/article/view/299>.
- [8] Priyambodo, A., Elektro, A. A.-J. T., & 2019, undefined. (n.d.). Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator DC Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Ejournal.Unesa.Ac.Id.* Retrieved December 22, 2023, from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/view/26841>
- [9] Rony, Y. R., Kartini, U. T., Joko, J., & Wrahatnolo, T. (2022). Pemodelan Transfer Energi Smartgrid Photovoltaic Dengan Sensor Suhu Untuk Efisiensi Energi. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 4(2), 89–98.
- [10] Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta.
- [11] Sukmadinata, N. S. (2009). *Metode Penelitian Pendidikan*. Remaja Rosdakarya.
- [12] Nur Hermala, H., Riyadi, S., Pratomo, L. H., Setiawan, F. B., & Wibisono, D. A. (2021c). DESAIN DAN IMPLEMENTASI KENDALI DIGITAL HISTERESIS PADA TOPOLOGI SEPIC BUCK-BOOST KONVERTER. *Journal.Unpar.Ac.Id.* <https://journal.unpar.ac.id/index.php/ritektra/article/view/4929>
- [13] Nur Hermala, H., Riyadi, S., Pratomo, L. H., Setiawan, F. B., & Wibisono, D. A. (2021d). Desain Inverter Pada Sumber Listrik Pikohidro. *Jim.Unisma.Ac.Id.* <http://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/view/17487>
- [14] Prasetyawan, P., Ferdianto, Y., Ahdan, S., & Trisnawati, F. (2018). Pengendali Lengan Robot Dengan Mikrokontroler Arduino Berbasis Smartphone. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 7(2), 104–109. <https://doi.org/10.21063/jte.2018.3133715>