

DC to DC converter 12V ke 311V untuk *primary switching inverter*

Mohammad Luqman¹, Supriatna Adhisuwignyo², Mila Fauziah³

e-mail : ¹mohluqmanpolinema@gmail.com, ²supriatna@polinema.ac.id, ³mila.fauziah@polinema.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 18 Januari 2026

Direvisi 18 April 2026

Diterbitkan 30 April 2026

Kata kunci:

DC to DC Converter
12V ke 311 Volt dc
BTS7960

Keywords:

DC to DC Converter
12V to 311 Volt dc
BTS7960

ABSTRAK

DC to DC Converter 12V ke 311V adalah sumber daya DC tegangan tinggi untuk keperluan pembuatan inverter sinusoida murni. Sebagai langkah awal maka dibuat konverter dc-to-DC dengan metoda boost converter. Namun karena peningkatan tegangan terlalu tinggi dari 12 atau 24 volt menjadi 300 volt, maka dipilih konfigurasi konverter dc-DC terisolasi satu tingkat dengan menggunakan transformator inti ferit. Karena kemampuan dari gawai switching yang menggunakan BTS7960 dimana kemampuannya hanya sampai pada 25kHz, maka digunakan frekuensi ini untuk keperluan realisasi konverter dc-DC ini. Hasil yang diperoleh adalah pada sisi pembentukan sinyal switching sebesar 24,15 kHz dan penguatan daya pada driver BTS7960 serta peningkatan tegangan pada transformator inti ferit ERL2420 telah berhasil dengan baik. Begitu proses penyearahan menggunakan dioda switching FMU-G16S Fast-Recovery Rectifier 600V 5A buatan Sanken, hasil yang diperoleh adalah bentuk gelombang penyearahan telah sesuai namun ternyata nilainya tetap simetris terhadap tegangan ground, sehingga sinyal ini tidak bisa difilter menggunakan kapasitor maupun induktor untuk memperoleh tegangan DC yang baik.

ABSTRACT

DC to DC Converter 12V to 311V is a high voltage DC power source for the purpose of making a pure sinusoidal inverter. As a first step, a dc-to-DC converter is made with the boost converter method. However, because the voltage increase is too high from 12 or 24 volts to 300 volts, a single-stage isolated dc-DC converter configuration is chosen using a ferrite core transformer. Because the capability of the switching device using the BTS7960 is only up to 25kHz, this frequency is used for the purposes of realizing this dc-DC converter. The results obtained are on the side of the formation of a switching signal of 24.15 kHz and power amplification on the BTS7960 driver as well as the voltage increase on the ERL2420 ferrite core transformer have been successful. Once the rectification process uses the FMU-G16S Fast-Recovery Rectifier 600V 5A switching diode made by Sanken, the results obtained are that the rectification waveform is appropriate but it turns out that the value remains symmetrical to the ground voltage, so this signal cannot be filtered using a capacitor or inductor to obtain a good DC voltage.

Penulis Korespondensi:

Mohammad Luqman,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Sukarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email: mohluqmanpolinema@gmail.com

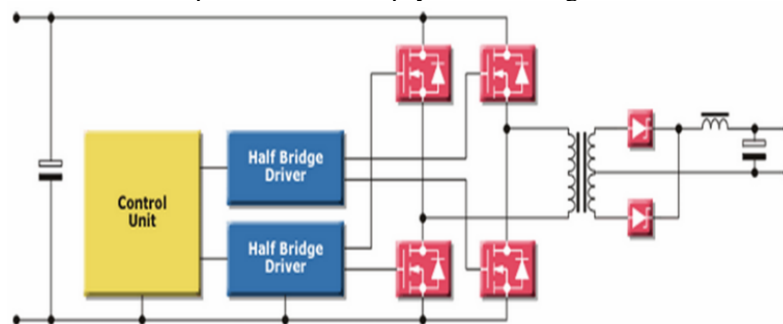
1. PENDAHULUAN

Keberadaan mobil listrik saat ini telah semakin besar, salah satu aspek adalah tegangan untuk pengisian baterai yang semakin meningkat sampai dengan 400VDC Untuk itu diperlukan sistem untuk menaikkan tegangan DC khususnya yang berasal dari baterai atau sumber terbarukan PV, dalam penelitian ini difokuskan pada kebutuhan pembuatan inverter sesuai dengan time-line penelitian terdahulu [1]. Ada dua pendekatan untuk membuat sebuah inverter [2], pertama adalah pembentukan sinyal sinusoida dilakukan pada tegangan rendah menggunakan teknik SPWM kemudian baru diumpankan ke driver daya untuk selanjutnya dinaikkan tegangannya menggunakan transformator inti besi, cara ini akan membutuhkan transformator yang cukup besar jika dikehendaki daya yang lebih tinggi. Pendekatan kedua adalah switching dengan metoda SPWM dilakukan pada tegangan tinggi, kemudian langsung difilter untuk mendapatkan tegangan sinusoida 50Hz tanpa harus melalui transformator. Untuk itu diperlukan sumber daya DC tegangan tinggi sebagai suplai masukan system. Sejauh ini penelusuran terhadap artikel-artikel terkait penggunaan DC to DC konverter [3], [4], [5], [6] dan hubungannya dengan mobil listrik [7 – 10] relatif cukup banyak, khususnya yang terkait dengan energi terbarukan utamanya sistem pembangkit tenaga surya (PV power plant) [11], [12], hasilnya mayoritas masih beroperasi pada tegangan relatif rendah sampai dengan 65 VDC Untuk alasan tersebut maka dilaksanakan penelitian ini yang berjudul “DC to DC Converter 12V ke 311V untuk Primary Switching Inverter”.

Artikel terkait penggunaan DC to DC konverter dan hubungannya dengan kendaraan listrik dan energi terbarukan diantaranya adalah tentang Koneksi sumber photovoltaic tegangan menengah pada jaringan pengumpul membutuhkan *converter* DC ke DC yang mempunyai kemampuan spesifik untuk dapat terhubung ke jaringan (grid connected) [11]. Berikutnya adalah pengendalian arus dan tegangan pada konverter jenis dc-DC boost dengan metode kaskade PID, penelitian ini bersifat simulasi dan mempunyai tegangan luaran 50V sampai dengan 100V pada tegangan sumber antara 12V sampai dengan 24V [3]. Ada juga Pembuatan Modul Praktikum Konverter DC-DC Full Bridge dengan Mosfet-N dan PWM Bipolar untuk modul praktikum dengan hasil tegangan luaran sebesar 2V sampai dengan 10V [4]. Penelitian berikut terkait sistem power supply dengan sumber utama dari panel surya sebesar 200 Wp untuk menjalankan mesin cuci. Rangkaian yang digunakan berupa buck *converter* yang diperuntukkan sebagai penstabil tegangan. hasil dari simulasi pada sistem power supply ini dapat memperoleh tegangan konstan sebesar 12 Volt, yang akan menjalankan inverter 200W. [12]. Penelitian terkait Efisiensi Buck *Converter* Asynchronous dan Synchronous Berdasarkan Variasi Nilai Duty Cycle dan Beban bersifat simulasi menggunakan perangkat lunak Ltspice, dengan parameter tegangan masukan 12V pada arus maksimum 5A didapat luaran 10,8V dan beroperasi pada frekuensi 23 kHz [5]. Penelitian terkait sebuah Konverter DC-DC dengan pengendali arus berbasis Arduino Mega 2560, Dalam pengujian tegangan input yang digunakan sebesar 65V konstan dengan tegangan output akan menurun dari 57,4V sampai dengan 44,5V pada pengaturan maksimum dengan daya sampai dengan 452W [6]. Penelitian terkait proses pembuatan mobil listrik yang dirancang menggunakan motor penggerak jenis DC (Direct Current) Brushed 36 Volt 450 Watt. Untuk pasokan sistem kelistrikan menggunakan DC-DC *Converter* 36V ke 12V 10A (Step Down) [7].

2. METODE PENELITIAN

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk membuat konverter DC ke DC yang akan mengubah tegangan DC 12-24 volt menjadi tegangan DC 311 volt. Adapun fokus penelitian ini terletak pada penggunaan transformator inti ferite dan driver BTS7960 sebagai rangkaian switching daya menggantikan rangkaian jembatan-H penuh [13] yang dirakit secara manual seperti terlihat pada diagram blok Gambar 1. Alasan penggunaan motor driver ini adalah sudah tersedia dalam bentuk modul, sehingga akan memudahkan pengguna dalam membuat sebuah konverter tanpa harus bersusah payah merancang dan merakit driver jembatan H.



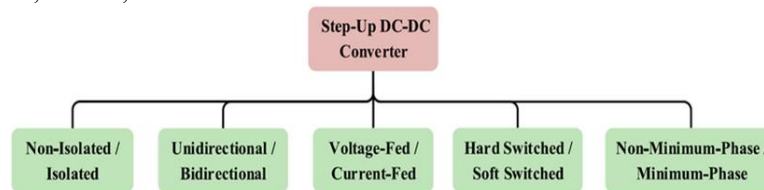
Gambar 1. Blok diagram rencana penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk membuat DC to DC *converter* yang akan mengubah tegangan DC 12-24 volt menjadi tegangan DC 311 volt. Adapun rincian blok beserta rencana realisasinya adalah sebagai berikut :

1. Input : tegangan DC 12 atau 24 volt, dan output direncanakan sebesar 311 volt DC
2. Control unit, berupa pembangkit PWM menggunakan arduino uno.
3. Half Bridge driver bisa menggunakan IC driver MOSFET.
4. Transistor switching dengan konfigurasi Full-Bridge.
5. Transformator inti ferrite dengan kapasitas yang sesuai.
6. Dioda penyearah daya besar.
7. Induktor yang sesuai
8. Kapasitor Filter dan kapasitor penyimpanan muatan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

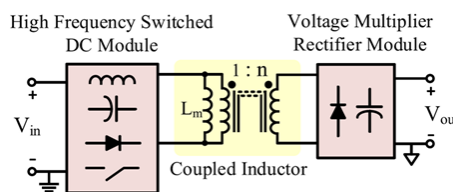
Kategori umum konverter dc-DC step-up [14] di ilustrasikan pada Gambar 2. Metode dasar untuk menaikkan tegangan DC adalah dengan menggunakan konverter boost PWM, yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu induktor, sakelar, dan dioda.



Gambar 2. Kategori dari dc-DC converter step-up.

3.1 Desain dc-DC converter

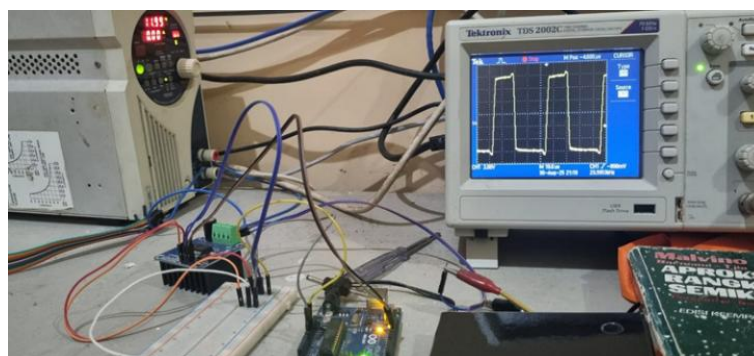
Rencana dc-DC converter yang akan dibuat yaitu dari jenis dc-DC terisolasi satu tahap seperti terlihat pada Gambar 3. Dimana bagian “high frequency switched DC module” modul IC BTS7960 sebagai rangkaian driver dan switchingnya serta Arduin Uno sebagai control unit [15].



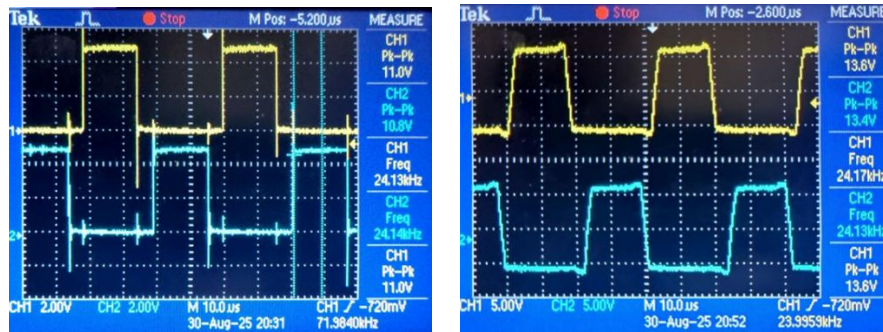
Gambar 3. Diagram blok dc-DC converter jenis dc-DC terisolasi satu tahap

3.2 BTS7960 dan frekuensi switching

Dari hasil tinjau ulang terhadap karakteristik modul driver BTS 7960 [1] yang hanya mampu bekerja pada frekuensi 25 kHz, maka frekuensi switching akan terbatas pada frekuensi tersebut. Dari hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakukan pada program arduino diperoleh nilai delay sebesar 13 us yang akan memberikan hasil gelombang pada frekuensi 25,4 kHz, yang hampir mendekati nilai kemampuan BTS 7960. Dan implementasi pada rangkaian nyata seperti terlihat pada Gambar 4 dan hasil input berupa sinyal dari arduino dan output dari BTS7960 terlihat pada Gambar 5. Output dari Arduino diperoleh frekuensi sebesar 24,13 kHz dengan tegangan sekitar 4,88V seperti terlihat pada dan sinyal output BTS7960 dengan nilai tegangan sekitar 12 Vpp sesuai dengan catu yang diberikan dan bekerja pada frekuensi 24,13 kHz.



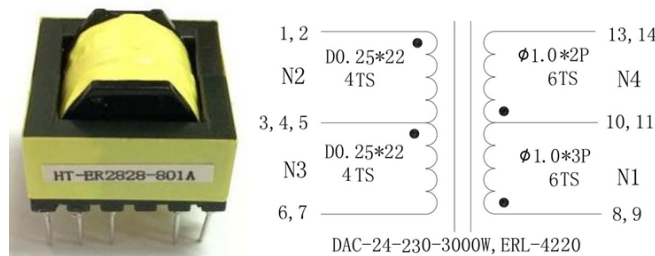
Gambar 4. Percobaan pada Arduino dan BTS7960



Gambar 5. Output dari Arduino Uno dan Output dari BTS7960

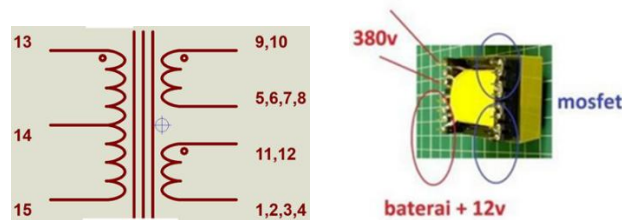
3.3 Transformator inti Ferit

Pada implementasi Step-Up DC-DC *converter* ini, jika menggunakan konfigurasi Non-Isolated DC-DC *converter* berupa PWM Boost *Converter*, maka rangkaiannya akan menjadi sangat rumit, karena membutuhkan tingkat/ level rangkaian yang cukup banyak, mengingat peningkatan tegangan cukup besar yaitu 26x lipat, sehingga cara yang praktis adalah menggunakan konfigurasi 1-Stage Isolated DC-DC *Converter* dengan menggunakan transformator inti ferrite. Dalam hal ini digunakan transformator inti ferit jenis ER-42 seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Transformator inti ferit tipe ER-42.

Sesudah dilakukan pengukuran menggunakan ohm-meter maka hasil sambungan kaki-kakinya seperti terlihat pada Gambar 7 dan hasil pengukuran dalam keadaan bertegangan dengan menggunakan volt-meter, dimana sisi input diberi tegangan dari luaran driver7960 dan hasilnya seperti terlihat pada Tabel 1. Dimana pada Tabel tersebut tegangan masukan berasal dari rangkaian switching dan luaran pada kaki-kaki transformator diukur menggunakan multimeter pada tegangan AC



Gambar 7. Hubungan lilitan dengan kaki-kaki trafo ferit.

Tabel 1. Pengukuran input dan output transformator Ferit

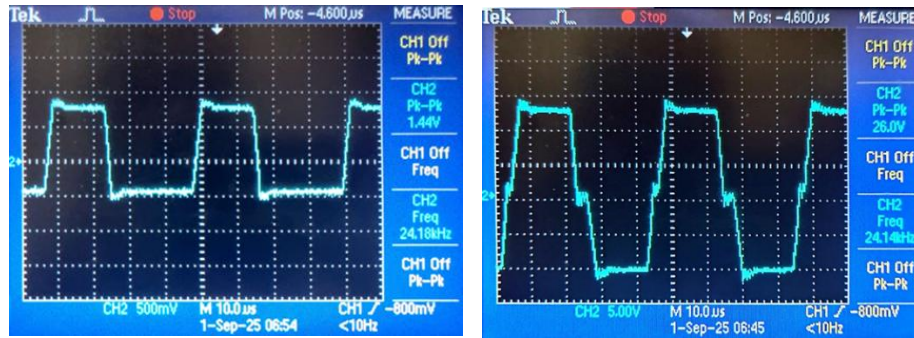
Masukan		Luaran	
Kaki	Tegangan (Volt)	Kaki	Tegangan (Volt)
1 → 11	31,5	5 → 9	30,7
		13 → 15	577 – 603
5 → 9	30,7	1 → 11	30,7
		15 → 14	70 – 74
		15 → 13	580

Dari hasil pengukuran tersebut terlihat bahwa kaki 1→11 dan 5→9 adalah sisi tegangan rendah yang saling terpisah, sedangkan kaki 13, 14 dan 15 adalah sisi tegangan tinggi, sedangkan kaki 1,2,3,4 dan 5,6,7,8,

serta 9,10 dan 11,12 masing-masing adalah terminal yang sama. Dari hasil pengukuran tersebut nampak rasio perbandingan lilitan trafo adalah $N1:N2 = 31:580$ atau peningkatan atau rasio sebesar 18,71 kali.

Jika pengukuran dilakukan menggunakan osiloskop maka hasilnya akan seperti terlihat pada Gambar-Gambar berikut. Masukan dari driver BTS7960 terlihat pada Gambar 4.10. berupa tegangan kotak (square-wave) dengan nilai sebesar 25,2 Vpp namun pada pengukuran menggunakan voltmeter terukur sebesar 30,7 VAC, dan jika menggunakan probe 10:1 hasil yang terbaca sebesar 1,44. Sehingga nilai sebenarnya harus dikalikan sebesar $25,2/1,44 = 17,5$ kali.

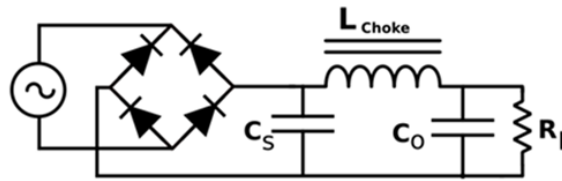
Sedangkan luaran sisi tegangan tinggi diukur pada kaki 15 → 13 diperoleh nilai sebesar 25,2 Vpp, namun nilai ini diperoleh menggunakan prob 10:1, yang artinya nilai sebenarnya sudah dilemahkan, sehingga nilai sebenarnya tegangan tersebut adalah $252 \times 17,5 = 441$ Vpp pada frekuensi 24,14 kHz seperti nampak pada Gambar 8.



Gambar 8. Bentuk input trafo kaki 5 → 9 dan Output sisi tegangan tinggi kaki 15 → 13.

3.4 Rangkaian Penyearah

Output dari transformator ferrite diumpankan ke rangkaian penyearah jembatan seperti terlihat pada Gambar 9. Penyearah menggunakan FMU-G16S Fast-Recovery Rectifier Diodes buatan Sanken, dimana diode tersebut mempunyai spesifikasi sebagai diode switching 600V 5A 2-pin dengan kemasan TO-220F



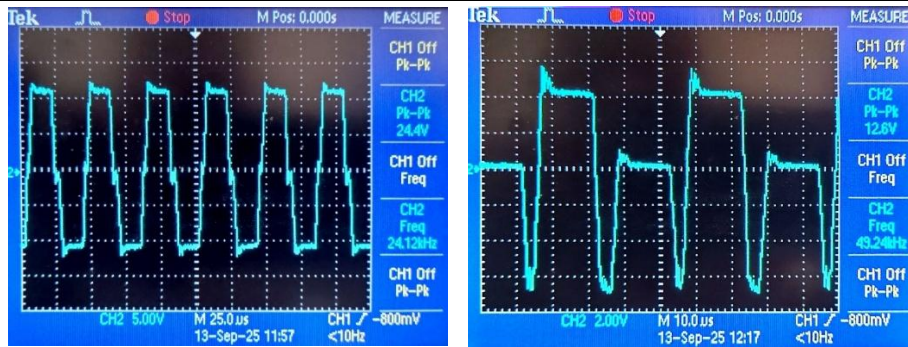
Gambar 9. Rangkaian penyearah jembatan

Hal ini karena secara struktur transformator ferit yang digunakan tidak menggunakan CT ataupun jika kaki no. 14 dianggap CT maka tegangan yang dihasilkan tidaklah sama/ tidak seimbang, artinya lilitan yang digunakan tidak simetris. Hal ini terlihat dari pengukuran dengan menggunakan multimeter dengan input dari BTS seperti terlihat pada Tabel 2. Bentuk gelombang luaran dari transformator dan luaran sesudah penyearah jembatan terlihat pada Gambar 10.

Tabel 2. Hasil pengukuran pada sisi tegangan tinggi transformator

	Htm-15		Mrh-15		
15 → 14	15,4	15,9	12,5	12,8	12,9
14 → 13	8,8	13,3	8,7	8,8	7,7
15 → 13	570	569	13 → 15	550	549

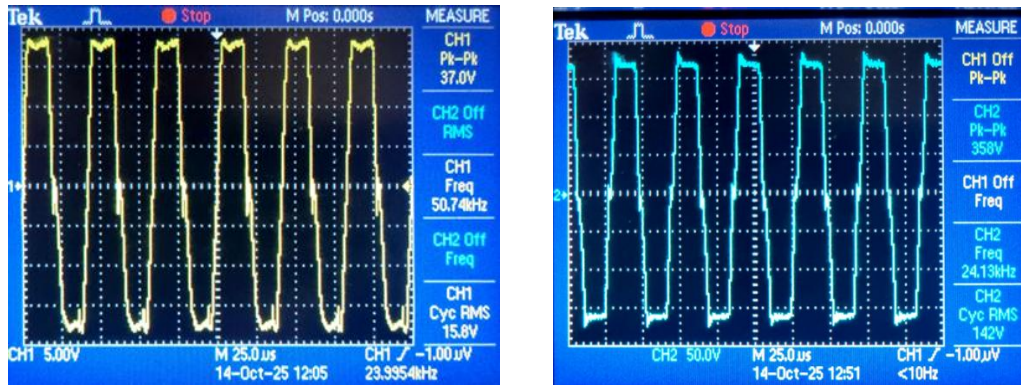
Proses penyearahan terjadi dengan baik, dimana hasil tegangan luaran sebesar 12,6 Vpp pada probe 10:1, yang artinya tegangan realnya adalah $12,6 \times 17,5 = 220,5$ Vpp. Namun masalah yang terjadi adalah tegangan tersebut simetris padai titik/ garis ground, sehingga kalau diberikan filter maka hasilnya nilainya relative kecil dan masih bersifat bolak-balik atau simetris terhadap ground.



Gambar 10. Bentuk sinyal luaran transformator sesudah penyearah jembatan dengan kondisi beban terbuka

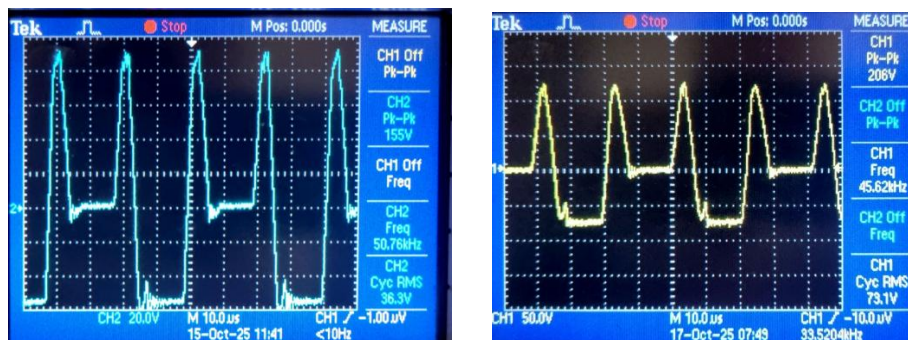
3.5 Catu DC dan Output Konverter

Untuk mendapatkan tegangan DC sebesar 311Vdc, maka dibutuhkan tegangan bolak-balik sebesar $2 \times 311 = 622\text{Vpp}$ atau sebesar $622/\sqrt{2} = 439\text{Vrms}$. Untuk mendapatkan tegangan sebesar 622Vpp pada trafo tersebut maka diperlukan tegangan input DC sebesar : $V_{in} = V_{out}/N \rightarrow V_{in} = 622/17,5 = 35,4\text{Vpp}$ Jadi pada sisi masukan transformator diperlukan tegangan sebesar 35,4 Vpp atau untuk catu pada driver BTS7960 membutuhkan catu sebesar : $V_{DC} = V_{in}/2 = 35,4/2 = 17,7\text{VDC} \rightarrow$ dibulatkan 18 VDC. Jika masukan tegangan DC sebesar 18VDC dikenakan sebagai input driver BTS7960, maka output akan bernilai sebesar 37Vpp seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Output driver BTS7960 dan Output sisi tegangan tinggi transformator pada catu 18Vdc

Sesudah melewati transformator maka hasil output pada sisi tegangan tinggi (HV) adalah sebesar 637,24 Vpp. Dan sesudah melewati penyearah hasilnya seperti terlihat pada Gambar 12 dimana nilai tegangan output tercatat sebesar 276 Volt.



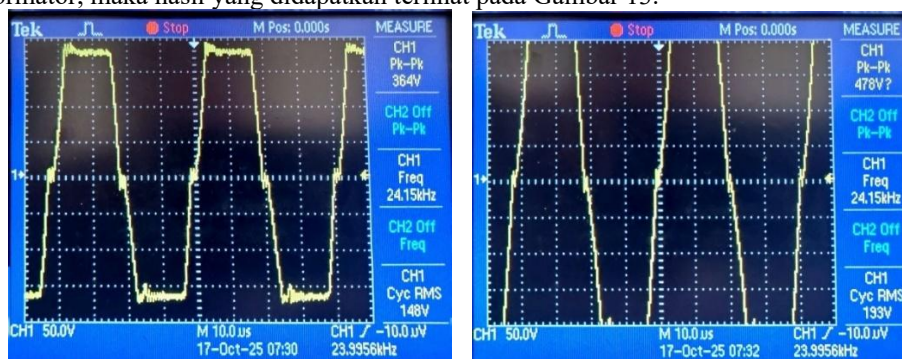
a) dengan input 18Vdc

b) dengan input 24Vdc

Gambar 12. Tegangan output sesudah melalui dioda penyearah

Nilai ini masih belum memenuhi syarat untuk perencanaan dimana nilai seharusnya adalah sama dengan atau setingkat diatas 311 volt. Maka untuk memenuhi nilai tersebut dicoba dengan meningkatkan tegangan catu DC sampai dengan 24VDC sesuai dengan batasan persoalan yang sudah ditentukan sejak awal. Pada saat tegangan input dinaikkan menjadi 24 Volt dc, maka output BTS7960 adalah sebesar 48,8Vpp. Jika

tegangan pada sisi LV berasal dari sumber catu 18VDC dan sumber 24Vdc, dan masing-masing diumpangkan pada transformator, maka hasil yang didapatkan terlihat pada Gambar 13.



(a) Sumber tegangan 18Vdc

(b) Sumber tegangan 24Vdc

Gambar 13. Output transformator pada sisi tegangan tinggi

Jika sumber tegangan catu bernilai 18Vdc, maka output HV adalah sebesar $V_{o-pp} = 364 \times 1,74 = 633$ Vpp. Dan untuk tegangan catu bernilai 24Vdc, maka output HV adalah sebesar $V_{opp} = 478 \times 1,71 = 817$ Vpp, hampir mendekati nilai teoritis sebesar 826 Vpp, dan Nilai RMS : $V_{o\ rms} = 193 \times 1,71 = 330$ Vrms.

Hasil output sesudah melewati dioda penyearah adalah sebesar $= 206 \times 1,71 = 352$ Vdc, seperti terlihat pada Gambar 12. Jadi kesimpulannya adalah jika tidak ada masalah dengan garis/ tegangan ground, maka output DC yang akan diperoleh adalah sebesar 352VDC untuk catu 24VDC atau 276VDC untuk catu 18VDC

Untuk itu perlu diadakan penelitian lanjutan terkait dengan simetrisnya output hasil penyearahan, apakah in disebabkan oleh sistem atau konfigurasi rangkaian penyearah ataukah karena frekuensi atau karena jenis transformator feritnya. Hal ini perlu ditindak-lanjuti untuk menjamin hasil penyearahan betul-betul berada diatas tegangan ground.

4. KESIMPULAN

DC to DC *converter* ini menggunakan konfigurasi “1-stage Isolated DC-DC *Converter*”, dengan mikroprosesor Arduino Uno sebagai pembangkit gelombang switching dengan frekuensi 24,15 kHz yang cocok dengan frekuensi maksimum modul motor driver BTS 7960 sebagai rangkaian switching H-bridge.

Transformator ferit yang digunakan dari jenis EC42/20 berdaya 750W yang mampu menaikkan tegangan dengan nilai transformasi $N = 17,5$. Hasilnya jika tidak ada masalah dengan garis/ tegangan ground, maka output DC yang akan diperoleh adalah sebesar 352VDC untuk catu 24VDC atau 276VDC untuk catu 18VDC

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk bisa mendapatkan tegangan referensi ground pada hasil akhir tegangan luaran, Diantaranya mungkin mengubah metoda penyearahan atau mencari jenis dan konfigurasi transformator ferit yang sesuai.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohammad Luqman , Achmad Komarudin , Sidik Nurcahyo : “Rancang bangun pembangkit Sinusoidal Pulse Width Modulation berbasis arduino”, JURNAL ELTEK Vol. 20, No. 1, April 2022, hal. 25-32 p-ISSN: 1693 – 4024 | e-ISSN: 2355-0740 DOI: 10.33795/eltek.v20i1.333
- [2] Muhamad Ali : “Buku Elektronika Daya Lengkap”, Bab.7. hal. 118-133, [https:// repository.unkris.ac.id/id/eprint/832/6](https://repository.unkris.ac.id/id/eprint/832/6).
- [3] Sofyan Muhammad Ilman, Febi Ariefka Septian Putra : “Kendali arus dan tegangan pada konverter DC-DC boost dengan metode kaskade proportional integral derivative”, JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga) Vol. 3, No. 3, September 2023, pp. 191-202 ; DOI: <https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i3.2023.191-202>
- [4] Elia Yohan Yosefa, Dian Efytra Yuliana, Royb Fatkhur Rizal: “Perancangan Dan Pembuatan Modul Praktikum Konverter DC-DC Full Bridge Dengan Mosfet-N Dan PWM Bipolar”, Zetroem Vol 05. No 01 Tahun 2023 ; ISSN (Online) : 2656-081X
- [5] Ralfi Wibowo Rachmad, Tomy Abuzairi, : “Simulasi Efisiensi Buck *Converter* Asynchronous dan Synchronous Berdasarkan Variasi Nilai Duty Cycle dan Beban”, SENTER 2022: Seminar Nasional Teknik Elektro 2022 (Volume 07 Tahun 2022), SENTER 2022, 17 November 2022, pp. 09-19.
- [6] Masramdhani Saputra, Gian Fikih Yustiawan, Imron Ridzki, Sigit Setya Wiwaha, Binar Surya Gumilang : “Perancangan Dan Implementasi Half Bridge DC – DC *Converter* Dengan Kendali Arus Hysteresis”, ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan Vol. 10 No.1, 2022 ; ISSN: 2407-232X, E-ISSN: 2407-2338.
- [7] Achmad Rizky; Aulia Rakhman; Sedy Maulana; Nifty Fath; Sujono : “Perancangan Mobil Listrik Menggunakan Motor DC Brushed 36 Volt 450 Watt”, KILAT Vol. 11, No. 1, April 2022, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925 ; DOI: <https://doi.org/10.33322/kilat.v11i1.1334>.
- [8] Dwi Harjono, Wahyu Widodo, Hadi Sugiarto, Abu Bakar : “Analisis Kapasitas Dan Pengisian Baterai Pada Mobil

- Listrik Ponecar”, ELIT JOURNAL Electrotechnics And Information Technology ; P-ISSN: 2721-5636 | E-ISSN: - 2721-5644 ; Vol. 3 No. 1, April 2022.
- [9] <https://www.hyundai.com/id/id/hyundai-story/articles/ternyata-begini-cara-kerja-mobil-listrik,-lebih-hemat!-0000000105>, diakses Januari 2025.
- [10] <https://afdc-energy-gov.translate.google.com/vehicles/how-do-all-electric-cars-work?> ; diakses Januari 2025.
- [11] Pierre Le Métayer, Cyril Buttay, Quentin Loeuillet, François Wallart1 (Senior Member, IEEE), Drazen Dujic, Piotr Dworakowski (Senior Member, IEEE): “Phase-Shifted Full Bridge DC–DC Converter for Photovoltaic MVDC Power Collection Networks”, IEEE Access, Open Access Journal, Volume 11, 2023, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2023.3247952.
- [12] Faisa Musahiroh, Mochammad Machmud Rifadil, Diah Septi Yanaratri : “Desain dan Implementasi Buck Converter Pada Sistem Power Supply Untuk Mesin Cuci Dengan Menggunakan Panel Surya”, Jurnal Teknologi Terpadu Vol. 11 No. 1 ; April 2023; ISSN: 2338 – 6649.
- [13] Malvino, Albert Paul : “Semiconductor Circuit Approximations, An Introduction to Transistors and Integrated Circuits”, Fourth Edition, McGraw-Hill Inc, 1985.
- [14] : “Electronic Power Conversion, DC-DC switch mode converters”, TU Delft Open Course Ware, https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/5._DC-DC_converters.pdf
- [15] Forouzesh, Mojtaba; Siwakoti, Yam P.; Gorji, Saman A.; Blaabjerg, Frede; Lehman, Brad : “Step-Up DC-DC converters , A comprehensive review of voltage-boosting techniques, topologies, and applications”, Published in: IEEE Transactions on Power Electronics, DOI (link to publication from Publisher): 10.1109/TPEL.2017.2652318\