



Rancang Bangun Inverter Gelombang Sinus Murni DC ke AC Berbasis Full Bridge Class D Amplifier

Picca Dwi Chandra^{1*}, Guntur Yanuar Astono²

¹⁻²Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

*Penulis korespondensi: piccadwi@gmail.com¹

Abstract. *The demand for efficient and high quality electricity supply continues to grow, especially in areas not yet reached by the main power grid. Inverter are a key solution to convert DC voltage sources, such as batteries or solar panels, into AC voltage usable for. Various electrical devices. This study aims to design and implement an inverter based on a class D amplifier using a full bridge configuration. The system uses a 48VDC input and convert it into 230VAC with the help of a DC to DC step up circuit and a conventional step up transformer. A class D amplifier was chosen due its high efficiency in processing PWM signal into pure sine waves through a low pass filter (LPF). Testing results show that the inverter is capable of generating pure sine wave output with efficiency varying depending on the load, reaching maximum of 88% at low load and decreasing under high load. The system is also equipped with over voltage protection and under voltage protection to ensure operational reliability. The designed inverter has proven to perform well with various types of loads and shows potential for application in household backup power systems and renewable energy setups.*

Keywords: *Class D Amplifier; Full Bridge Topology; Inverter; Pure Sine Wave; Voltage Protection.*

Abstrak. Kebutuhan akan pasokan listrik yang efisien dan berkualitas tinggi semakin meningkat, terutama di wilayah yang belum terjangkau oleh jaringan listrik utama. Inverter menjadi solusi utama untuk mengubah sumber tegangan DC, seperti baterai atau panel surya, menjadi tegangan AC yang dapat digunakan untuk berbagai peralatan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan inverter berbasis penguat kelas D dengan konfigurasi full-bridge. Sistem ini menggunakan tegangan masukan 48VDC dan mengubahnya menjadi 230VAC dengan bantuan rangkaian penaik tegangan DC ke DC serta transformator penaik tegangan konvensional. Penggunaan class D amplifier dipilih karena efisiensinya yang tinggi dalam mengolah sinyal PWM menjadi gelombang sinus murni menggunakan rangkaian low-pass filter (LPF) atau tapis frekuensi tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa inverter mampu menghasilkan gelombang sinus murni dengan efisiensi yang bervariasi tergantung beban, dengan efisiensi maksimum mencapai 88% pada beban ringan dan menurun pada beban berat. Sistem ini juga dilengkapi dengan proteksi tegangan lebih dan tegangan rendah untuk menjaga keandalan alat. Inverter yang dirancang terbukti mampu bekerja dengan baik untuk berbagai jenis beban dan berpotensi diaplikasikan dalam sistem cadangan listrik rumah tangga maupun energi terbarukan.

Kata kunci: Gelombang Sinus Murni; Inverter; Penguat Kelas D; Proteksi Tegangan; Topologi *Full Bridge*.

1. LATAR BELAKANG

Kebutuhan listrik yang andal dan efisien terus meningkat seiring berkembangnya teknologi dan bertambahnya perangkat elektronik di masyarakat. Sayangnya, pasokan listrik dari jaringan PLN tidak selalu stabil, khususnya di daerah terpencil atau saat terjadi pemadaman. Hal ini mendorong penggunaan perangkat cadangan seperti inverter untuk menjaga ketersediaan listrik.

Inverter berfungsi untuk mengubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC yang sesuai dengan peralatan rumah tangga. Namun, banyak inverter murah di pasaran hanya menghasilkan gelombang sinus modifikasi, yaitu sinyal kotak yang menyerupai sinus. Gelombang ini dapat menyebabkan berbagai masalah hingga kerusakan pada peralatan elektronik yang sensitif.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas inverter. Seperti Yulianto (2023) merancang inverter 12VDC ke 220VAC menggunakan penguat kelas AB. Hasil pengujian menunjukkan inverter tersebut mampu menghasilkan tegangan keluaran 220VAC. Meski gelombangnya cukup baik, inverter dengan penguat kelas AB memiliki efisiensi yang rendah sehingga kurang optimal untuk aplikasi inverter daya besar.

Selain itu, Urrahman (2022) juga melakukan perancangan inverter gelombang sinus murni berbasis penguat kelas D setengah gelombang dengan tegangan masukan 48VDC dan tegangan keluaran 220VAC. Sistem ini menghasilkan tegangan keluaran 217VAC pada frekuensi 50Hz. Pengujian dilakukan dengan beban lampu pijar. Walaupun inverter ini memiliki efisiensi yang tinggi, konfigurasi setengah gelombang masih memiliki keterbatasan dalam pemanfaatan daya masukan, karena arus hanya mengalir setengah siklus secara bergantian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam penelitian ini dilakukan pengembangan inverter berbasis penguat kelas D dengan konfigurasi Full Bridge. Penggunaan topologi Full Bridge memungkinkan daya keluaran lebih besar, pemanfaatan daya masukan lebih optimal karena arus yang mengalir satu siklus penuh. Sistem dilengkapi dengan trafo penaik tegangan dan proteksi tegangan masukan agar lebih aman saat terjadi kondisi tegangan masukan yang terlalu tinggi atau tegangan masukan yang rendah dengan rentang 43 – 53VDC.

2. KAJIAN TEORITIS

Inverter adalah perangkat elektronik daya yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak balik (AC). Inverter digunakan dalam banyak aplikasi sistem tenaga surya (Ali, t.t.).

Namun tidak semua inverter dapat mengeluarkan gelombang sinus murni yang stabil meski diberi beban kapasitif, resistif, maupun induktif. Sebaliknya, modified sine wave inverter memiliki bentuk gelombang kotak termodifikasi dan berefisiensi lebih rendah (Yulianto & Dwiono, 2019).

Penguat kelas D merupakan sistem penguat yang efisien karena cara kerjanya mencacah sinyal dengan Pulse Width Modulation (PWM). Pada cara kerjanya, sinyal masukan dibandingkan dengan gelombang segitiga agar menghasilkan sinyal PWM. Lalu sinyal inilah yang diumpan ke mosfet untuk dikuatkan dan disaring menggunakan rangkaian LC Low Pass Filter (LPF) sehingga sinyal keluaran frekuensi tinggi bisa ditapis dan hanya diloloskan gelombang sinus murni. penguat kelas D dapat mencapai efisiensi lebih dari 90%, jauh lebih

unggul daripada penguat kelas A yang hanya sekitar 25-30%, dan kelas AB yang hanya mencapai sekitar 70% (Alma'a, 2017).

Konfigurasi Full Bridge pada mosfet secara umum adalah rancangan saklar dengan 4 mosfet yang disusun membentuk jembatan. Rancangan ini memungkinkan arus dialirkan bolak balik melalui beban dengan cara menghidupkan 2 mosfet bergantian secara diagonal. Dengan konfigurasi ini juga memungkinkan sinyal keluaran lebih maksimal (Idris & Roza, t.t.).

Sedangkan pembangkit gelombang sinus yang digunakan ialah XR2206. XR2206 merupakan sirkuit terpadu yang dirancang untuk membangkitkan sinyal sinus, segitiga, dan kotak dengan rentang frekuensi 1Hz – 1Mhz dan distorsi harmonisa <0.5%. rangkaian ini juga bisa diintegrasikan dengan mikrokontroler untuk mengontrol keluaran frekuensi dan amplitudonya (Mulyadi, Amin, & Abdi, 2023).

Karena tegangan kerja penguat kelas D ialah 90VDC simetris, maka digunakan juga DC – DC Step Up Converter. Rangkaian yang berfungsi untuk menaikkan tegangan DC. Rangkaian ini menggunakan mosfet dan memiliki cara kerja seperti saklar yang sangat cepat mati dan hidup sesuai frekuensi kerja, saat posisi saklar mati, energi dilepaskan lewat dioda dan akan mengisi kapasitor, sehingga keluaran tegangan bisa naik diatas tegangan masukan. Saat saklar hidup, tegangan dari masukan akan mengalir membentuk medan magnet yang disimpan di induktor dan akan dilepaskan ke diode ketika mosfet dalam keadaan mati.

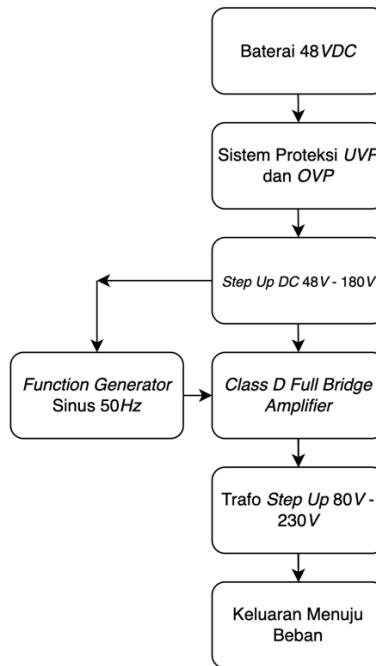
Untuk menaikkan tegangan keluaran penguat kelas D, digunakanlah transformator berinti toroid. Trafo ini memiliki bentuk seperti donat yang terbuat dari baja silikon. Bentuk ini menghasilkan keunggulan utama seperti kebocoran fluks megnetik rendah, dan efisiensi tinggi hingga dapat bekerja dengan andal pada rangkaian inverter (Nurhadi dkk., t.t.).

Sistem proteksi under voltage dan over voltage menggunakan rangkaian komparator untuk membandingkan tegangan masukan setelah diproses oleh resistor pembagi tegangan dengan tegangan referensi tetap (Alisroba dkk., 2022).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan menggunakan metode Research and Development (R&D) yang difokuskan pada perancangan, pembuatan, dan pengujian kinerja sistem inverter berbasis penguat kelas D full bridge. Pengumpulan dan analisis data dilakukan melalui pengukuran langsung terhadap parameter sistem, meliputi tegangan masukan, tegangan keluaran, arus yang masuk, dan arus yang keluar saat inverter diberi beban resistif secara bertahap.

Sistem inverter ini dirancang untuk beroperasi pada rentang tegangan 43 VDC hingga 53 VDC dengan keluaran berupa tegangan 230VAC bergelombang sinus murni.

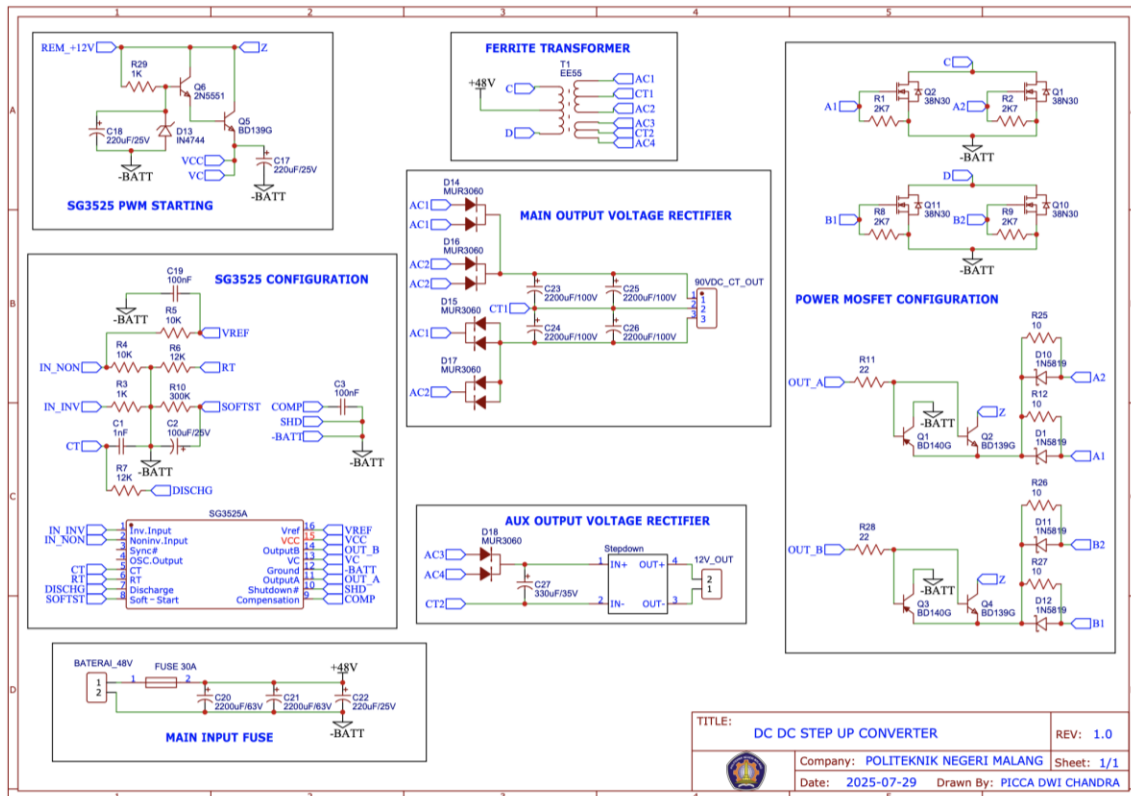


Gambar 1. Diagram Alir Ilustrasi Desain Sistem.

Secara garis besar, topologi sistem yang dikembangkan terdiri dari 5 subsistem utama. Pertama, DC-DC Step Up Converter yang berfungsi menaikkan tegangan sumber dari baterai 48V menjadi 90VDC simetris atau 180VDC untuk menyuplai rangkaian penguat kelas D. kedua, penguat kelas D full bridge bertindak sebagai blok penguat utama tegangan dan arus. Ketiga, XR2206 berfungsi sebagai generator sinyal sinus yang menghasilkan referensi gelombang sinus murni berfrekuensi 50Hz. Keempat, transformator step up pada sisi keluaran penguat kelas D full bridge digunakan untuk menaikkan tegangan hasil penguatan menjadi 230VAC. Kelima, sistem proteksi dirancang untuk memutuskan dan mengamankan rangkaian inverter apabila tegangan masukan atau baterai berada diluar rentang 43 – 53VDC.

DC – DC STEP UP CONVERTER

Tegangan masukan menggunakan sumber baterai 48VDC lalu diproses oleh IC PWM SG3525 yang menghasilkan sinyal pensaklaran frekuensi tinggi untuk menggerakkan mosfet 38N30 dalam konfigurasi push-pull.



Gambar 2. Blok Diagram DC – DC Step Up Converter.

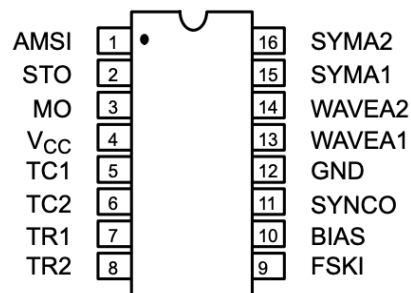
Generator Sinyal Sinus

Tahap ini berfokus pada penyediaan sinyal referensi gelombang sinus murni dengan frekuensi 50Hz sebagai input rangkaian penguat kelas D full bridge. Pemilihan komponen penentu frekuensi didasarkan pada rumus dasar pada IC tersebut, yaitu

$$f_0 = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

Jika nilai kapasitor yang digunakan ialah 1 uF, maka nilai resistor yang dipakai adalah

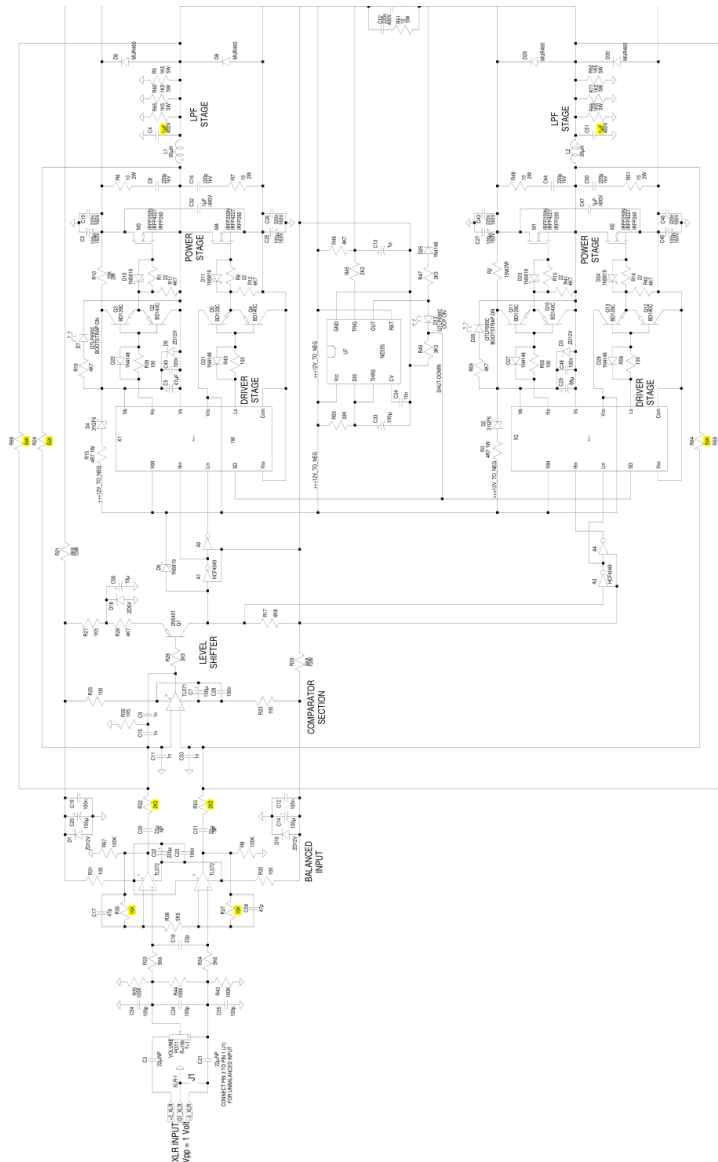
$$R = \frac{1}{f \cdot C} = \frac{1}{50 \cdot 1 \times 10^{-6}} = \frac{1}{50 \times 10^{-5}} = 20000$$



Gambar 3. Pinout XR2206.

Penguat Kelas D Full Bridge

Rangkaian ini berfungsi dengan cara mengubah sinyal analog tegangan rendah menjadi sinyal Pulse Width Modulation (PWM), lalu diperkuat dengan transistor mosfet yang bekerja secara full bridge dan keluarannya disaring dengan Low Pass Filter (LPF). Karena hanya untuk menguatkan frekuensi 50Hz, maka PWM dikerjakan pada frekuensi sekitar 100kHz dengan mosfet IRFP260N

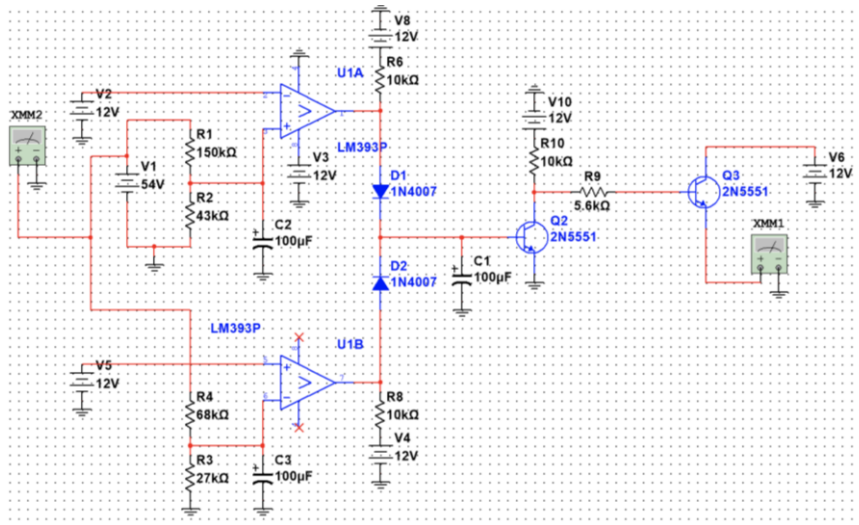


Gambar 4. Rangkaian Penguat Kelas D Full Bridge.

Sistem Proteksi

Sistem proteksi dirancang untuk mengamankan inverter dengan memantau stabilitas tegangan masukan dari baterai. Tegangan baterai dipantau melalui rangkaian pembagi tegangan resistor dan dibandingkan dengan tegangan referensi pada komparator. Jika tegangan

masukannya terdeteksi diluar rentang 43VDC – 53VDC, komparator akan mengaktifkan transistor saklar untuk menonaktifkan sistem inverter.



Gambar 5. Rangkaian Sistem Proteksi Under – Over Voltage.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Arus Diam Inverter

Pengujian arus diam dilakukan untuk mengetahui seberapa besar arus yang dikonsumsi oleh inverter saat dalam kondisi menyala namun belum diberi beban.

Tabel 1. Pengujian Arus Diam Inverter.

No.	Tegangan Masuk	Arus Masuk	Daya Masuk
<i>Inverter Class D Full-Bridge</i>			
1.	49V	0.1A	4.9W

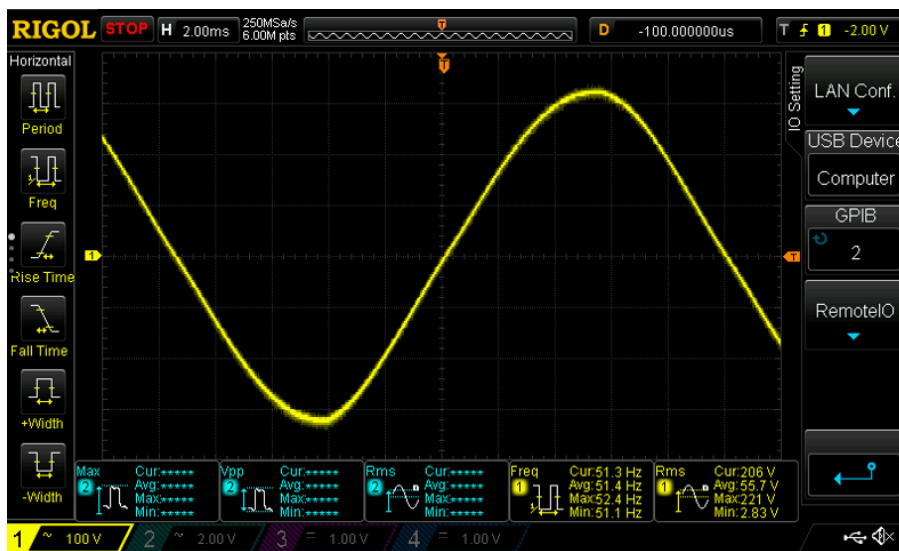
Dari tabel tersebut terlihat bahwa inverter hanya mengonsumsi arus sebesar 0.1 Ampere saat kondisi diam. Dengan tegangan masukan sebesar 49 VDC, menghasilkan daya diam 4.9 Watt

Pengujian Inverter Dengan Beban Resistif

Pada bagian ini dilakukan pengujian terhadap inverter untuk mengetahui performa daya keluarannya saat dibebani secara bertahap menggunakan beban resistif dari larutan air garam. Pemilihan air garam sebagai beban bertujuan untuk memudahkan pengaturan nilai hambatan dengan cara mengatur luas permukaan elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan air garam.

Tabel 2. Hasil Pembebanan Inverter Dengan Beban Resistif 10% - 100%.

No.	Tegangan Masuk	Arus Masuk	Tegangan Keluar	Arus Keluar	Daya Masuk	Daya Keluar	Efisiensi
1.	49V	2A	209V	0.42A	98W	87W	88%
2.	49V	6A	209V	0.84A	294W	175W	59%
3.	49V	8A	210V	1.26A	392W	264W	67%
4.	49V	10.3A	210V	1.68A	504W	352W	69%
5.	49V	13.5A	208V	2.1A	661W	426W	64%
6.	49V	15A	207V	2.5A	735W	517W	70%
7.	49V	17A	207V	2.9A	833W	600W	72%
8.	49V	21A	206V	3.3A	1029W	679W	65%
9.	49V	25.2A	206V	3.7A	1234W	762W	61%
10.	49V	30A	206V	4.2A	1470W	865W	58%

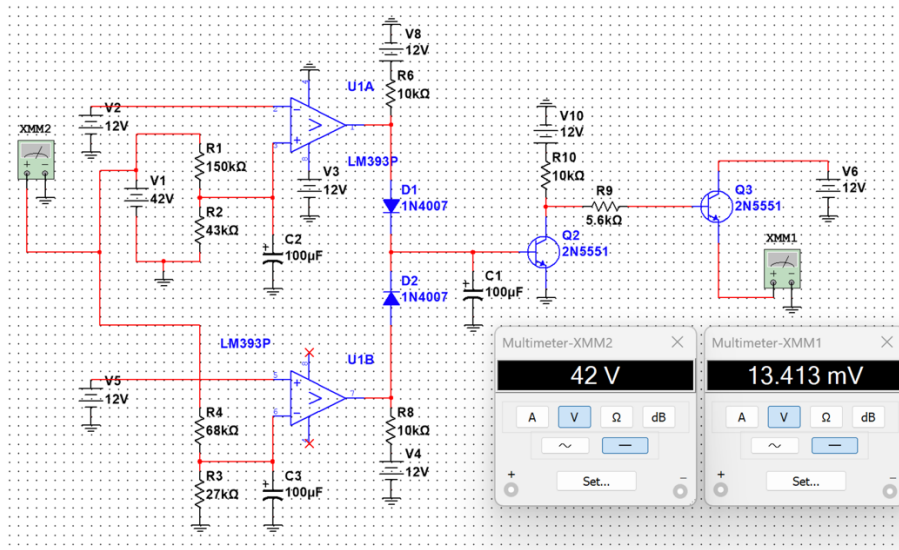


Gambar 6. Bentuk Gelombang Sinyal Keluaran Inverter.

Pada beban ringan (10%), inverter menunjukkan efisiensi yang tinggi sebesar 88%, dengan daya masuk 98 Watt dan daya keluar 87 Watt. Ini menunjukkan inverter bekerja cukup efisien saat beban rendah. Namun, seiring naiknya pembebanan, efisiensi cenderung menurun secara fluktuatif. Pada beban maksimal (100%) inverter menunjukkan efisiensi 58% dengan daya masuk 1470 Watt dan daya yang keluar sebesar 865 Watt.

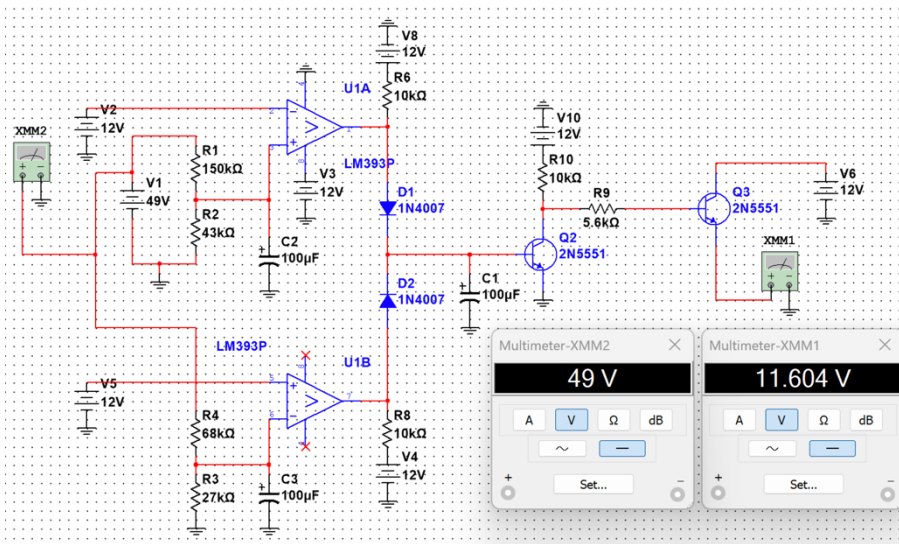
Pengujian Sistem Proteksi

Pada pengujian sistem ini dilakukan melalui simulasi pada aplikasi NI Multisim karena sulitnya menemukan catu daya yang bisa disetel keluarannya dari 43V-53V sebagai pengganti baterai saat kondisi under voltage dan over voltage.

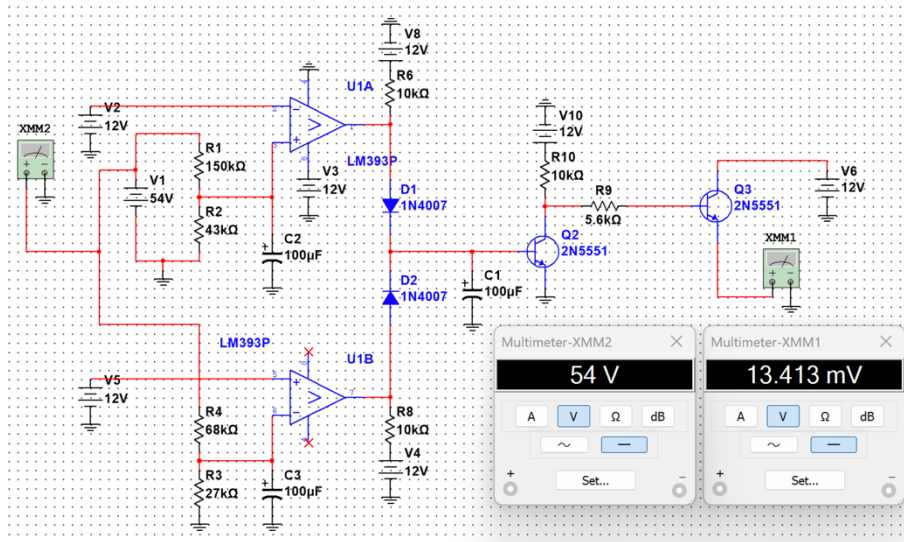


Gambar 7. Sistem Proteksi Dalam Kondisi Under Voltage.

Pada gambar diatas ialah kondisi under voltage, tegangan keluaran ke relay hanya sekitar 13mV. Maka sistem inverter akan mati. Sedangkan ketika tegangan masukan dari baterai normal (49V) seperti pada gambar dibawah ini, maka tegangan keluaran ke relay berkisar 11.6VDC, ini cukup untuk mengaktifkan coil relay dan menyalakan sistem inverter. Begitupun saat kondisi tegangan masukan dari baterai over voltage maka sistem inverter akan mati seperti pada kondisi under voltage.



Gambar 8. Sistem Proteksi Dalam Kondisi Tegangan Normal.



Gambar 9. Sistem Proteksi dalam keadaan Over Voltage.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian inverter gelombang sinus murni berbasis penguat kelas D full bridge dapat disimpulkan bahwa inverter mampu menghasilkan gelombang sinus murni dengan tegangan keluaran 230VAC berfrekuensi 50 Hz. Performa inverter menunjukkan efisiensi maksimum sebesar 88% pada beban ringan 10%, lalu efisiensi menurun hingga 58% pada beban penuh (100%). Ini disebabkan oleh rugi – rugi daya yang dihasilkan pada konversi tegangan 48VDC ke 180VDC oleh Step Up yang kurang maksimal, karena daya yang dihasilkan oleh DC DC Step Up Converter kurang mencukupi untuk kebutuhan penguat kelas D full bridge pada penelitian kali ini.

Untuk penelitian seterusnya alangkah baik jika tidak memakai DC DC Step Up Converter. Untuk itu, harus dirancang ulang penguat kelas D full bridge agar bisa bekerja pada tegangan 48VDC.

DAFTAR REFERENSI

- Aji Syafriarso, F., & Facta, M. (n.d.). *Analisis unjuk kerja inverter setengah jembatan dengan piranti pensaklaran berbasis IGBT dan MOSFET*.
- Ali, I. M. (n.d.). *Aplikasi elektronika daya pada sistem tenaga listrik*.
- Alisroba, G., Asri, H. N., A', M., Kautsar, R., Alisroba, G., A'raaf Kautsar, M., & Fujiyanti, V. (2022). Analisis rangkaian komparator dengan variasi IC op-amp yang tersedia pada Circuit Wizard. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 6(2). <https://doi.org/10.22373/crc.v6i2.11892>
- Alma'a, R. P. (2017). *Power amplifier kelas D self oscillating dengan power MOSFET IRFP4227, IRFP250N, dan IRFP460*.

- Atho' Urrahman. (2022). *Build design inverter DC to AC pure sine use half-bridge class D amplifier final report*.
- Endra Eko Yulianto, M., Kusmanto, A., & Amiruddin, M. (2022). Desain inverter 12VDC to 220VAC dengan frekuensi 50Hz. *Science and Engineering National Seminar*, 7.
- Gunawan, A., & Sahar, M. (2024). Rancang bangun sistem proteksi dan monitoring overcurrent dan over/under voltage terhadap motor 3 fasa berbasis Arduino. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 4(1), 30–39.
- Hermansyah, A., & Ardiman, S. H. (2019). Merancang penguat audio 500 watt menggunakan transformator daya A1216. *Journal of Electrical Technology*, 4.
- Idris, F., & Roza, I. (n.d.). Rancang bangun inverter pure sine wave full bridge menggunakan Arduino Nano sebagai pembangkit SPWM, 7(1). <https://doi.org/10.31289/jesce.v6i2.9753>
- Kharis, M., Prastiyanto, D., & Suryono, D. (n.d.). *Perbandingan efisiensi daya penguat audio kelas AB dengan penguat audio kelas D untuk keperluan sound system lapangan*.
- Mulyadi, A., Amin, M. Z. R., & Abdi, M. (2023). Inovasi desain dan simulasi function generator dengan integrasi microcontroller. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 9(1), 21–27. <https://doi.org/10.19184/jaei.v9i1.35067>
- Nurhadi, S., Dasa Nofvowan, A., Noer Syamsiana, I., Lailinas Sakinah, Y., Saputra, M., & Nur Rochman, M. (n.d.). Uji performa trafo E-I dengan variasi rapat fluks pada sumber tegangan non-sinusoidal. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 10(3).
- Pratomo, L. H., & Christiawan, H. D. E. (2023). Pengendalian arus pada inverter lima tingkat penaik dan penurun tegangan. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, dan Teknik Elektronika*, 11(3), 783–794. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v11i3.783>
- Nurhadi, S., Saputra, M., Dasa Nofvowan, A., et al. (n.d.). *Desain dan uji performa trafo toroid satu fasa pada aplikasi inverter berbasis EGS002*.
- Yaqin, F. A., Wibisono, K. A., Ibadillah, A. F., & Rahmawati, D. (2021). *Perancangan power supply switching dengan power factor correction (PFC) untuk mengoptimalkan daya output dan pengaman proteksi hubung singkat*.
- Yulianto, F., & Dwiono, W. (2019). Analisis perbandingan efisiensi daya modified sine inverter dengan pure sine inverter. *JRRE*, 1. Retrieved from <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/JRRE>
- Hidayat, T., & Nugroho, A. (2021). Rancang bangun inverter pure sine wave berbasis SPWM untuk aplikasi rumah tangga. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(2), 85–92. <https://doi.org/10.15294/jte.v13i2.30125>
- Prasetyo, E., & Firmansyah, R. (2020). Analisis efisiensi inverter satu fasa menggunakan metode SPWM. *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, 6(1), 44–51. <https://doi.org/10.35143/elementer.v6i1.3672>
- Saputra, D., & Wahyudi, S. (2022). Perancangan switching power supply berbasis MOSFET pada sistem elektronika daya. *Jurnal Teknologi Elektro*, 11(3), 120–128. <https://doi.org/10.22441/jte.2022.v11i3.008>
- Utama, R., & Kurniawan, D. (2023). Implementasi inverter full bridge untuk pengendalian motor induksi satu fasa. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 19(2), 101–109. <https://doi.org/10.17529/jre.v19i2.24879>