

Desain dan Simulasi Inverter *Single-Phase Push-pull* Topology Menggunakan IC CD4047BCN Untuk Aplikasi Rumah Tangga Berdaya Rendah

Francisco Marcel^{1*}, Nur Elyta Febriyanty¹, Ranap Sitorus¹, Ririn Ningkeula², Dwi Sagita¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Insan Budi Utomo, Malang, Indonesia

²Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Insan Budi Utomo, Malang, Indonesia

Email Koresponden: fmarcel416@gmail.com

(* : corresponding author)

Abstrak – Inverter adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah tegangan DC (arus searah) menjadi AC (arus bolak-balik). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan inverter 1 fasa menggunakan IC CD4047BCN sebagai osilator utama yang dimana pada umumnya inverter menggunakan PWM (Pulse Width Modulation) sebagai osilator dan membutuhkan kontroler PWM yang relatif kompleks, dengan adanya ini IC CD4047BCN dipilih karena kemampuannya menghasilkan gelombang persegi simetris dengan frekuensi yang dapat diatur, sehingga cocok untuk aplikasi inverter sederhana. Proses simulasi dilakukan menggunakan software proteus untuk memverifikasi bentuk gelombang output dan kestabilan sistem selain itu inverter ini akan diuji dengan beban lampu dengan daya rendah. Hasil simulasi menunjukkan bahwa inverter mampu menghasilkan tegangan AC 220V dengan frekuensi 50 Hz dengan efisiensi 85%, inverter ini cocok dengan beban lampu dengan daya rendah namun penelitian ini memiliki keterbatasan terjadinya penurunan tegangan ketika diuji dengan beban lampu yang tinggi selain itu gelombang yang dihasilkan adalah square wave dengan THD (Total Harmonic Distortion) 46.31%. Inverter ini cocok digunakan pada aplikasi rumah tangga seperti beban lampu dengan daya rendah yang membutuhkan suplai daya alternatif. Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan inverter low-cost yang efisien dan mudah direalisasikan tanpa kontroler PWM.

Kata Kunci: Inverter 1 fasa, *Push pull Topology*, Simulasi, tegangan DC ke AC

Design and Simulation of a Single-Phase Push-pull Inverter Topology Using IC CD4047BCN for Low-Power Household Applications

Abstract – An inverter is an electronic device used to convert DC (direct current) voltage into AC (alternating current) voltage. This study aims to design and simulate a single-phase inverter using the CD4047BCN IC as the main oscillator. Typically, inverters use PWM (Pulse Width Modulation) as the oscillator and require relatively complex PWM controllers. The CD4047BCN IC is chosen because of its ability to generate symmetrical square waves with an adjustable frequency, making it suitable for simple inverter applications. The simulation process was carried out using Proteus software to verify the output waveform and system stability. Additionally, the inverter was tested with a low-power lamp load. The simulation results show that the inverter is capable of producing 220V AC at 50Hz with an efficiency of 85%. This inverter is compatible with low-power lamp loads however this study has limitations, such as a voltage drop when tested with high-power lamp loads, and the output waveform is a square wave with a Total Harmonic Distortion (THD) of 46.31%. This inverter is suitable for household applications such as low-power lamp loads that require an alternative power supply. This

study contributes to the development of efficient, low-cost inverters that can be easily implemented without a PWM controller.

Keywords: Single-phase inverter, IC CD4047BCN, *Push pull Topology*, Simulation, DC to AC voltage

Received	Revised	Published
27-05-2025	12-06-2025	17-06-2025

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sumber daya listrik yang stabil dan berkelanjutan semakin meningkat seiring berkembangnya teknologi dan aktivitas manusia yang bergantung pada perangkat elektronik [1]. Dalam kondisi tertentu, seperti lokasi terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik, diperlukan alternatif untuk menyuplai energi. Salah satu solusi yang banyak digunakan adalah inverter, yaitu perangkat elektronik yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) sehingga dapat digunakan untuk mengoperasikan peralatan rumah tangga dan elektronik lainnya [2].

Dalam sistem energi terbarukan Inverter memiliki fungsi penting seperti pada panel surya dan sistem cadangan daya (backup power system). Dalam pengembangan inverter, aspek efisiensi, biaya, dan kemudahan dalam perancangan menjadi pertimbangan utama [3]. Oleh karena itu, penggunaan komponen yang sederhana dan mudah diperoleh sangat diutamakan. Salah satu komponen utama dalam pembuatan inverter adalah osilator, yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal frekuensi sebagai dasar pembentukan gelombang AC [4].

Beberapa penelitian yang sudah ada umumnya inverter menggunakan *full bridge* dan *half bridge* [5]. Namun penggunaan *half* dan *full bridge* ini banyak menggunakan saklar sehingga inverter tipe ini cukup sulit dikendalikan [6]. Pada penelitian sebelumnya terdapat metode *Push pull* yang menggunakan sedikit saklar tetapi diimplementasikan pada Converter [7]. Penggunaan Inverter *full bridge* pada penelitian sebelumnya memiliki kekurangan ketidakseimbangan konsumsi daya dari saklar yang berbeda [8], selain itu inverter tipe *full bridge* memiliki loss sekitar 20 % akibat dari switch dan dioda [9]. Inverter *half bridge* juga memiliki kompleksitas dalam pembagian kapasitor yang dimana jika kapasitor tidak ideal menyebabkan masalah ketidakseimbangan tegangan yang bisa mempengaruhi kualitas switching [10], selain itu diperlukan pengaturan *dead time* yang tepat pada saklar atau mosfet agar tidak terjadi short circuit akibat dari kedua saklar on secara bersamaan [11]. Dari beberapa permasalahan yang sudah ada penelitian ini akan mengimplementasikan topology *Push pull* pada inverter dengan mosfet yang terhubung trafo center tap, karena pada penelitian sebelumnya metode *Push pull* digunakan pada converter yang dimana metode ini menggunakan switching yang sedikit jika dibandingkan dengan *full bridge* dan *half bridge* selain itu metode ini dapat mencapai efisiensi sekitar 94.8 % [12].

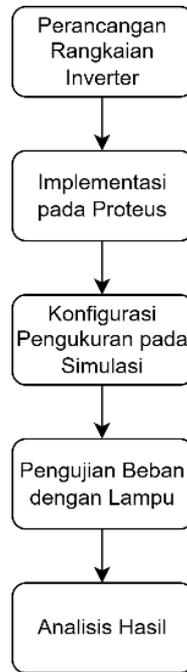
IC CD4047BCN merupakan salah satu jenis IC multivibrator CMOS yang dapat dikonfigurasi sebagai osilator stabil pada Inverter [13]. IC ini mampu menghasilkan sinyal gelombang persegi yang simetris dengan frekuensi yang dapat diatur melalui komponen eksternal seperti resistor dan kapasitor [14]. Keunggulan IC CD4047BCN terletak pada kestabilan frekuensi dan konsumsi daya yang rendah, menjadikannya pilihan yang tepat untuk aplikasi inverter sederhana [15].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan inverter 1 fasa berbasis IC CD4047BCN dengan topology *Push pull Switching*. Desain yang dibuat akan diuji secara simulasi menggunakan perangkat lunak Proteus untuk mengevaluasi bentuk gelombang keluaran, kestabilan sistem, serta kemampuan dalam menghasilkan tegangan AC dari sumber

DC. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh desain inverter yang efektif, efisien, dan dapat direalisasikan dengan biaya yang relatif rendah terutama pada aplikasi rumah tangga seperti lampu.

2. METODE PENELITIAN

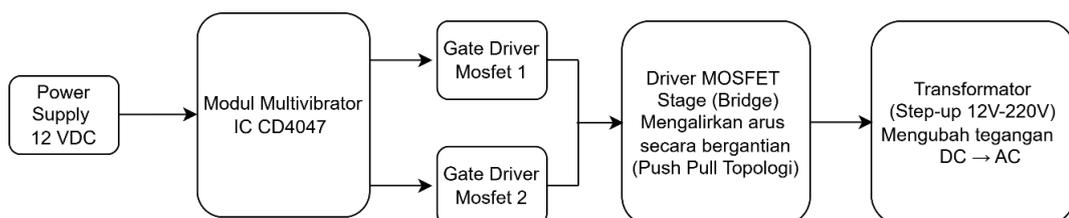
2.1 Alur Penelitian



Gambar 1. Alur Penelitian

Pada Gambar 1 terdapat tahapan penelitian yang akan dilakukan, pada tahap pertama mendesain rangkaian inverter berbasis IC CD4047 dengan mosfet (Q1 dan Q2) dan transformator (TR1) digunakan untuk menaikkan tegangan DC menjadi AC 220. Tahap kedua menggambar rangkaian menggunakan software proteus. Tahap ketiga akan dilakukan pengukuran tegangan (V) AC output, frekuensi output dan bentuk gelombang, pada pengukuran output tegangan AC pada sisi output transformator (tegangan sekunder) dengan probe voltmeter dihubungkan ke terminal output transformator, untuk pengukuran output frekuensi menggunakan *counter timer* dihungkan dengan transformator sisi sekunder pada mode operasi *frequency*, kemudian untuk melihat bentuk gelombang akan menggunakan oscilloscope (virtual) dengan kanal probe terhubung ke output transformator sisi sekunder. Pada tahap keempat akan dilakukan analisis hasil tegangan output, frekuensi output dan bentuk gelombang diuji dengan beban lampu.

2.2 Blok Diagram Sistem



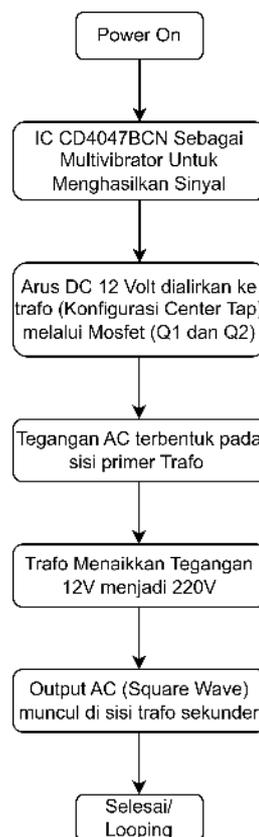
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 2 blok diagram sistem, menunjukkan alur kerja sistem inverter berbasis *push-pull* topology yang digunakan untuk mengubah tegangan DC 12V menjadi AC 220V. Pada modul IC CD4047 ini memiliki standard duty cycle 50% yang tidak bisa diubah seperti pengaturan PWM seperti IC 555 atau microcontroller. Berikut parameter yang akan digunakan untuk simulasi rangkaian inverter pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Keterangan
Durasi Simulasi	210 ms (untuk melihat siklus penuh AC)
Tegangan Input DC	12 VDC
Frekuensi Output	50 Hz
Tegangan Output	220 VAC
Duty Cycle	50 % (Standart Datasheet IC CD4047)

2.3 Flowchart System



Gambar 3. Flowchart System

Pada Gambar 3 merupakan jenis flowchart sistem inverter *push-pull* berbasis IC CD4047BCN yang dirancang untuk mengubah tegangan searah (DC) sebesar 12V menjadi tegangan bolak-balik (AC) sekitar 220V. IC CD4047 berperan sebagai multivibrator yang menghasilkan dua sinyal keluaran komplementer, yang kemudian digunakan untuk mengendalikan dua buah transistor daya jenis MOSFET (IRFZ44E) secara bergantian. Kedua MOSFET ini berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengalirkan arus dari sumber DC ke transformator step-up dengan konfigurasi center-tap. Saat salah satu MOSFET aktif, arus

dialirkan ke salah satu belitan primer transformator, dan ketika MOSFET lainnya aktif, arus dialirkan ke sisi berlawanan. Proses ini menghasilkan tegangan bolak-balik di sisi primer transformator. Transformator kemudian menaikkan tegangan dari 12V menjadi sekitar 220V AC di sisi sekunder.

2.4 Komponen Elektronika Yang Dibutuhkan

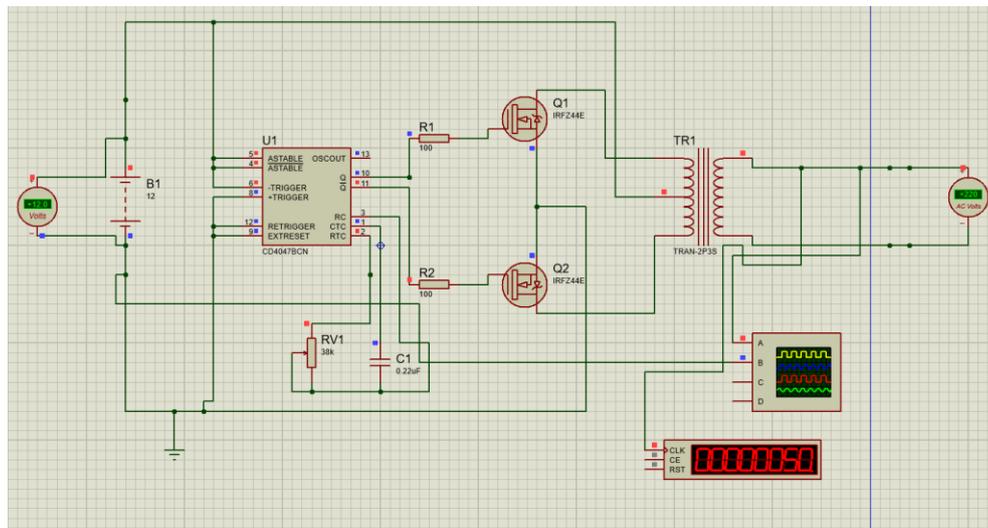
Untuk merangkai rangkaian DC to AC inverter sederhana menggunakan IC CD4047 sebagai multivibrator di Proteus terdapat komponen yang dibutuhkan :

Tabel 2. Spesifikasi Komponen

Komponen	Spesifikasi
Baterai Power/ Supply	12 VDC
IC CD4047	3V - 15V Input
Potensiometer	38K Ohm
Kapasitor	0.22 μ F
IRFZ44E Mosfet	Single N Channel
Resistor	100 Ohm
Transformator step-up	12V to 220V

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

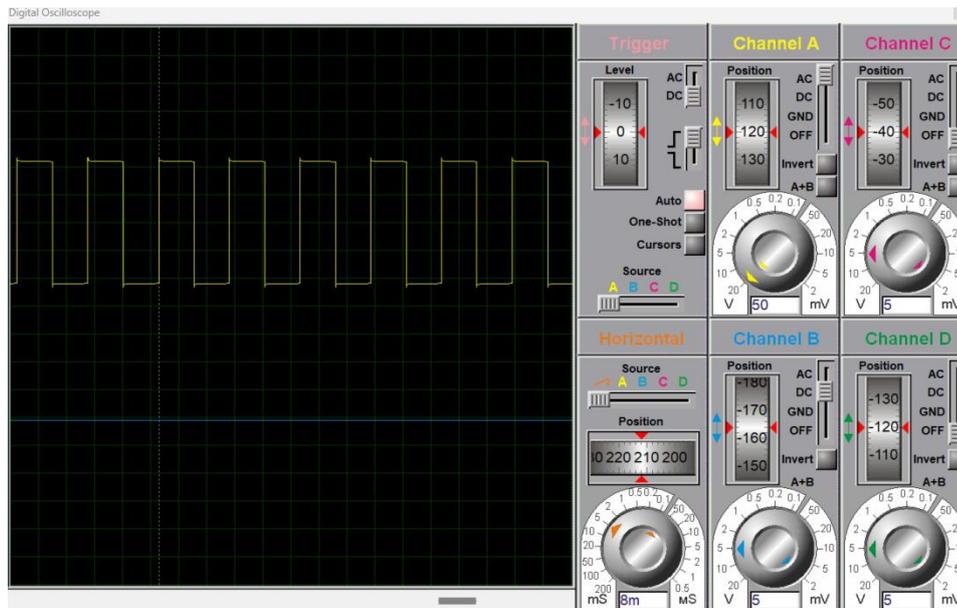
3.1 Hasil Simulasi



Gambar 4. Simulasi Inverter 1 Fasa

Pada Gambar 4 menunjukkan rangkaian inverter DC ke AC berbasis IC CD4047 yang berfungsi sebagai osilator astabil. Pada rangkaian ini, tegangan DC sebesar 12V dari sumber baterai (B1) diubah menjadi tegangan AC 220V melalui transformator (TR1). IC CD4047 menghasilkan sinyal pulsa PWM pada pin 10 dan 11 yang digunakan untuk mengendalikan dua buah MOSFET IRFZ44E (Q1 dan Q2). Kedua MOSFET ini secara bergantian mengalirkan arus ke lilitan primer transformator, menghasilkan medan magnet bolak-balik yang kemudian diubah menjadi tegangan AC 220V pada lilitan sekunder. Kapasitor (C1) dan potensiometer (RV1) berfungsi mengatur frekuensi output dari IC CD4047, yang pada akhirnya memengaruhi frekuensi output AC. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa inverter berhasil mengubah tegangan DC 12V menjadi AC 220V dengan frekuensi 50 Hz pada Display digital

3.2 Analisis Gelombang



Gambar 5. Bentuk Gelombang Square Wave

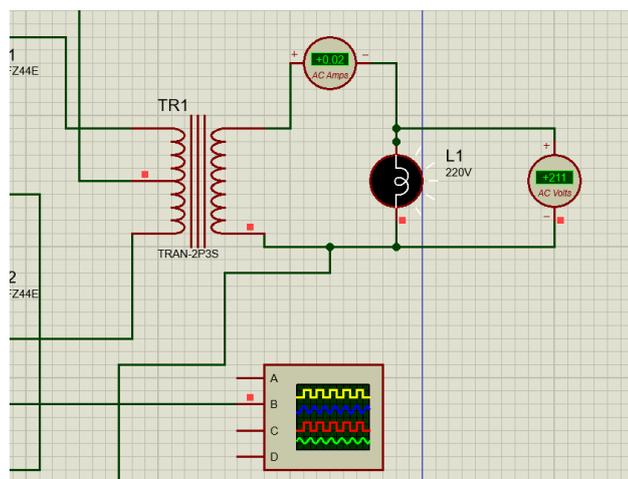
Pada Gambar 5 menunjukkan adanya dua siklus penuh dalam 5 divisi horizontal dimana Set per divisi adalah 8 ms/div sehingga:

$$T = \frac{5 \times 8 \text{ ms}}{2} = 20 \text{ ms} \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50 \text{ Hz} \quad (2)$$

Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi gelombang persegi yang dihasilkan 50 Hz, yang dimana sudah sesuai frekuensi standar AC di Indonesia (50Hz).

3.3 Pengujian Beban Simulasi

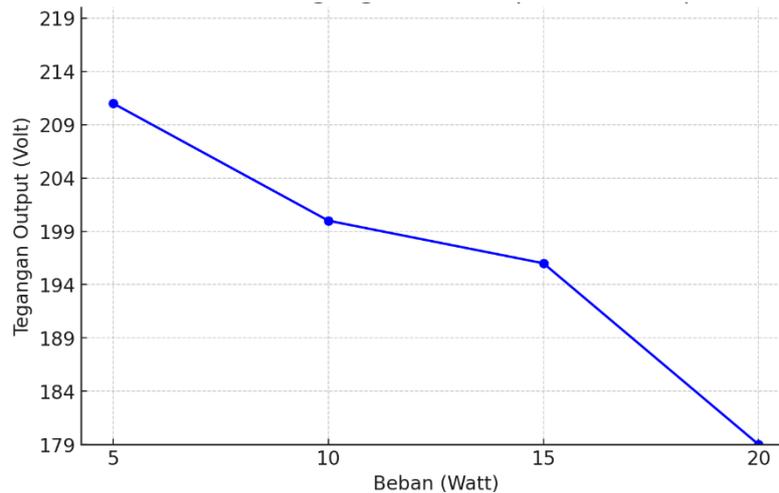


Gambar 6. Pengujian Beban Lampu Dengan Simulasi

Pengujian ini akan dilakukan dengan beban lampu untuk mengetahui beban yang mampu diangkat dari rangkaian inverter ini

Tabel 3. Pengujian Beban Lampu

Beban Lampu	5 Watt	10 Watt	15 Watt	20 Watt
Tegangan Output	211 V	200 V	196 V	179 V
Arus	0.02 A	0.05 A	0.07 A	0.1 A



Gambar 7. Grafik Pengujian Beban Lampu

Dari Tabel 3 dan Gambar 7 dapat dibuktikan bahwa inverter menunjukkan penurunan tegangan output secara bertahap seiring bertambahnya beban. Pada saat beban lampu sebesar 5 watt, tegangan output inverter tercatat sebesar 211V, mendekati tegangan ideal 220V. Namun, ketika beban dinaikkan menjadi 20 watt, tegangan output menurun drastis hingga hanya mencapai 179V. Hal ini dikarenakan duty cycle yang dihasilkan IC CD4047 hanya 50% dan tidak bisa diubah selain itu penggunaan dua mosfet IRFZ44E membutuhkan > 10V di gate agar saturasi penuh namun pada simulasi pengukuran gate pada mosfet tegangan kurang dari 10 V. Penurunan tegangan ini mengindikasikan bahwa inverter belum mampu mempertahankan kestabilan tegangan saat arus beban meningkat. Akibatnya, beban lampu dengan daya yang lebih besar tidak akan menerima tegangan penuh sehingga daya aktual yang diterima oleh lampu lebih rendah dari yang seharusnya, menyebabkan nyala lampu menjadi redup. Kondisi ini menunjukkan bahwa inverter hanya optimal untuk beban ringan, dan perlu peningkatan kapasitas serta sistem pengendalian tegangan untuk dapat digunakan pada beban yang lebih besar secara stabil.

3.4 Analisis Total Harmonic Distortion (THD)

Untuk menghitung THD (Total Harmonic Distortion) dari sinyal inverter dapat menggunakan persamaan :

$$THD (\%) = \left(\frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Dimana V_1 adalah Root Mean Square (RMS) dan V_n adalah RMS harmonik ke-n, dari penelitian ini untuk nilai V_{rms} sudah diketahui yaitu 220 V pada output sekunder transformers (Gambar 2), dikarenakan inverter output gelombang berupa kotak (square wave) maka Gelombang yang dihasilkan penjumlahan harmonik ganjil (1,3,5,7,...,25) sehingga $V_{rms} = V_{peak}$

$$V_1 = \frac{4.220}{\pi} \times 100\% = 280.4 \text{ V} \quad (4)$$

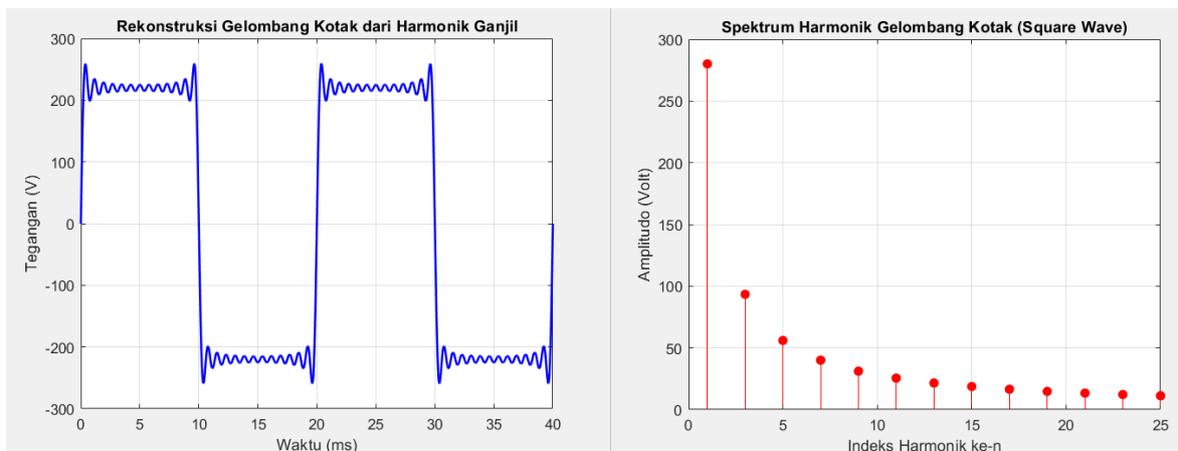
$$V_3 = \frac{4.220}{3\pi} \times 100\% = 93.47 \text{ V} \quad (5)$$

$$V_5 = \frac{4.220}{5\pi} \times 100\% = 56.08 \text{ V} \quad (6)$$

$$V_{25} = \frac{4.220}{25\pi} \times 100\% = 11.20 \text{ V} \quad (7)$$

Sehingga untuk total harmonic ke 25 dapat dijumlahkan dengan persamaan 3

$$\text{THD (\%)} = \left(\frac{\sqrt{93.47^2 + 56.08^2 + \dots + 11.20^2}}{280.4} \right) \times 100\% = 46.31 \%$$



Gambar 8. Plot Grafik Square Wave dan Harmonic

Dengan mengetahui THD sebesar 46.31%, inverter ini hanya cocok untuk dengan beban resistif dengan daya rendah seperti lampu karena output tegangan inverter tidak berubah bentuk oleh beban resistif dan tidak cocok untuk beban yang sensitif seperti motor, tv, komputer yang dapat berubah terhadap bentuk gelombang

3.5 Efisiensi Daya Inverter

Untuk menghitung efisiensi daya Inverter diperlukan daya input dari baterai dan daya output AC. Berikut persamaan untuk menentukan daya input dan output dari inverter

$$P_{in} = V_{in} \times I_n \text{ untuk } P_{in} = 12 V \times 0.41 A = 4.92 W \text{ (Daya Input)} \quad (8)$$

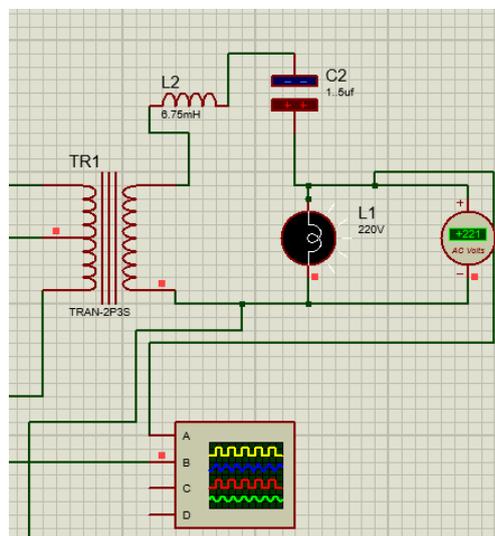
$$P_{out} = V_{ou} \times I_{out} \text{ untuk } P_{out} = 211 V \times 0.02 A = 4.22 W \text{ (Daya Output)} \quad (9)$$

Setelah mendapatkan nilai daya input dan daya output langkah selanjutnya adalah menghitung efisiensi inverter

$$Eff = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \text{ Sehingga } Eff = \frac{4.22}{4.92} \times 100\% = 85\% \quad (10)$$

Pada persamaan 10 dapat diketahui bahwa inverter dengan gelombang square wave dengan IC CD4047 memiliki efisiensi sekitar 85% dengan asumsi beban yang rendah

3.6 Modifikasi Inverter dengan Filter Induktor dan Kapasitor (LC)

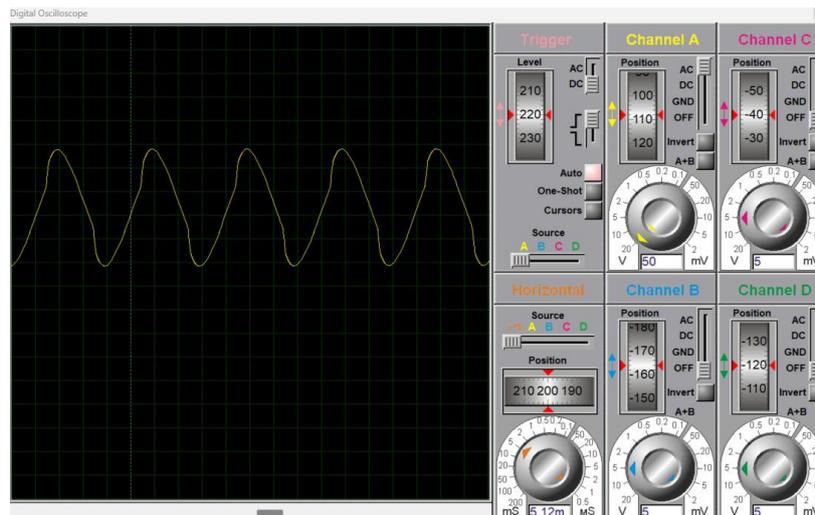


Gambar 9. Modifikasi Inverter dengan Filter LC

Pada gambar 9 merupakan merepresentasikan sistem inverter yang dilengkapi dengan filter LC untuk mengubah gelombang persegi (*square wave*) menjadi gelombang sinus, berdasarkan perhitungan untuk menentukan resonansi (f) LC dimana $L = 6.75 \text{ mH}$ dan $C = 1.5 \text{ }\mu\text{F}$ sehingga:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6.75 \times 10^{-3} \cdot 1.5 \times 10^{-6}}} = 158.24 \text{ Hz} \quad (11)$$

Dari persamaan 11 dapat diketahui bahwa filter ini belum optimal untuk menyaring harmonik pada 50 Hz dan resonansi frekuensi cutoff terlalu tinggi. Akibatnya, gelombang output inverter dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*) masih terdapat distorsi akibat gelombang persegi dari switching.



Gambar 10. Bentuk Modifikasi Gelombang Sinus

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari simulasi menunjukkan bahwa inverter berhasil mengubah tegangan DC 12V menjadi AC 220V dengan bentuk gelombang persegi dengan efisiensi 85% dengan beban rendah. Namun pada pengujian saat beban bertambah dari 5W ke 20W, tegangan output turun dari 211V menjadi 179V, penurunan tegangan ini menunjukkan bahwa inverter tidak dapat mempertahankan tegangan konstan saat beban meningkat, selain itu gelombang persegi (square wave) dengan THD 46.31% kurang cocok untuk perangkat elektronik seperti motor tv, komputer atau perangkat sensitif lainnya sehingga penelitian ini perlu pengembangan lanjut. Pada penelitian selanjutnya akan menganalisa lebih lanjut dan mengoptimalkan Filter LC untuk mendekati gelombang sinus sempurna selain itu akan mengganti tipe mosfet IRL540N dengan driver gate IC TC4420, atau transistor tambahan untuk menaikkan tegangan ke gate untuk memaksimalkan output AC.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Andrianus Sinaga *et al.*, "Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM)," 2017.
- [2] Krismon Budiono, "PERANCANGAN INVERTER SATU FASA PUSH PULL DENGAN TEGANGAN KELUARAN TERKONTROL BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO," Mar. 2021.
- [3] E. Yoyok Pujianto and L. Heru Pratomo, "5-Stage Single Phase Inverter Using Photovoltaic (PV) For Electrical System Application Inverter 5-Tingkat Satu Fasa Menggunakan Photovoltaic (PV) Untuk Aplikasi System Kelistrikan," 2022, doi: 10.32503/jtecs.v2i2.25217.
- [4] R. A. Ananto, N. R. Akbar, and S. Wibowo, "Perencanaan dan Implementasi Inverter Satu Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Air Terjun Watu Lumpang Mojokerto," *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan POLINEMA*, vol. 09, no. 3, 2022.
- [5] S. Saeed Shukir, "Design a Half Bridge Inverter and a Full Bridge Inverter with Overload Protection Circuit Using IC555," *Industrial Engineering*, vol. 5, no. 1, p. 21, 2021, doi: 10.11648/j.ie.20210501.13.
- [6] A. Chemseddine, N. Benabadi, A. Cheknane, and S. E. Mankour, "A comparison of single phase standalone square waveform solar inverter topologies: Half bridge and full bridge," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 10, no. 4, pp. 3384–3392, 2020, doi: 10.11591/ijece.v10i4.pp3384-3392.
- [7] Z. Ivanovic and M. Knezic, "Modeling Push-Pull Converter for Efficiency Improvement," Sep. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/electronics11172713.
- [8] X. He, "Inverter design trade-off for photovoltaic power generation," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics, 2023. doi: 10.1088/1742-6596/2649/1/012014.
- [9] Z. Meng, Y. Wang, L. Yang, and W. Li, "Analysis of power loss and improved simulation method of a high frequency dual-buck full-bridge inverter," *Energies (Basel)*, vol. 10, no. 3, 2017, doi: 10.3390/en10030311.

- [10] Y. Ye, S. Chen, X. Zhang, and Y. Yi, "Half-Bridge Modular Switched-Capacitor Multilevel Inverter with Hybrid Pulsewidth Modulation," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 35, no. 8, pp. 8237–8247, Aug. 2020, doi: 10.1109/TPEL.2019.2963230.
- [11] J. Huang, Z. Zhao, and P. Han, "Research on Dead Time of Half-Bridge LLC Resonant Circuit Based on SiC MOSFET," in *Proceedings of the 16th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2021, pp. 855–860. doi: 10.1109/ICIEA51954.2021.9516181.
- [12] C. Cai, C. Shi, Y. Guo, Z. Yang, and F. Meng, "A novel zero-voltage-switching *push-pull* forward converter with a parallel resonant network," *Journal of Power Electronics*, vol. 17, no. 1, pp. 20–30, 2017, doi: 10.6113/JPE.2017.17.1.20.
- [13] A. Saputra and F. E. Yandra, "Rancang Bangun Inverter Menggunakan IC CD4047 INPUT Batrai 12 VDC Ke Output Lampu 220 VAC Frekuensi 50-60 HZ," *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, vol. 2, no. 1, p. 1, Jul. 2020, doi: 10.33087/jepca.v2i1.22.
- [14] N. Rathod, A. Sharma, U. Mansur, and M. Priyadarshi, "Design & Simulation of a 100W Pure Sine Wave Inverter Using IC CD4047," vol. 5, no. 10, pp. 675–678, 2018, [Online]. Available: www.ijrst.com
- [15] S. Winn, H. Yin Htwe, and H. Hla Naing, "Design and Performance Analysis of 400Hz Static Frequency Converter," *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD) International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, no. 5, pp. 2120–2122, 2019, doi: 10.31142/ijtsrd26701.