

IMPLEMENTASI ARDUINO UNO DALAM PERANCANGAN MSW 300Watt PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

Terzha Rudianov^{1*}, Yuliaman Saragih², Patia Welly Sirait³, Puji Waluyo⁴, Suroyo⁵
^{1,2,3,4}Teknik Elektro, Universitas Mitra Karya
⁵Manajemen, STIE Tribuana Bekasi
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155, Telp. 061-8219005, Fax. 061-8213250
*E-mail: terzharudianov@gmail.com

ABSTRACT

In the use of power plants that produce DC voltage, such as Solar panels (PLTS), Wind Power Plants (PLTB), Micro Hydro Power Plants (PLTMH), and others. Inverter is an important tool, inverter is a tool used to convert DC voltage into AC. The Modified Sine Wave Inverter is a type of inverter that produces a modified square wave. The design is done by connecting the inverter input to the battery and then connecting the jack to the inverter output so that the load being tested can be easily replaced with another output load, which is displayed by an oscilloscope of the form modified wave. The results of the research using this inverter produce the highest efficiency at an inductive load of 58.92% at a Blender load and the lowest efficiency of 1.67% at a 5 watt load.

Keywords : PLTS, Inverter Modified Sine Wave, Arduino.

PENDAHULUAN

Salah satu benda yang penting dalam sistem pembangkit listrik adalah sebuah inverter. Kegunaan inverter disini adalah alat yang digunakan untuk mengubah arus DC menjadi arus AC, inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya atau solar cell menjadi AC. Inverter ini sangat sesuai sebagai penyedia listrik cadangan baik di kendaraan maupun di rumah, inverter ini dapat digunakan pada perangkat rumah tangga seperti lampu, TV, computer, kipas angin ataupun peralatan pertukangan. Beberapa tahun belakangan ini perkembangan di dunia elektronik mengalami kemajuan pesat dan tentunya hal ini juga mampu membuat kehidupan manusia jauh lebih mudah [1].

Fungsi dari teknologi adalah untuk kemudahan, kenyamanan dan kesenangan manusia, tidak terkecuali teknologi elektronika, yang bentuknya bisa bermacam-macam. Kemajuan elektronika ini sudah berkembang ke segala bidang mulai dari peralatan profesional maupun untuk hiburan, dan semuanya membutuhkan daya listrik, semua peralatan elektronika membutuhkan catu DC, akan tetapi penyedia daya terbesar dan termurah adalah elektronika pasti mempunyai catu AC. Akan tetapi banyak kasus tidak tersedia catu daya AC [2].

Sejalan dengan kemajuan industri yang sangat pesat, maka kebutuhan akan listrik sebagai sumber energi sangat diperlukan bagi masyarakat sekarang semakin meningkat. Dan tentunya juga kita membutuhkan sumber AC untuk digunakan pada sistem elektronika, inverter yang terbaik adalah inverter yang bisa menghasilkan gelombang sinusoidal murni atau pure sine wave. Namun beban-beban rumah tangga ada dua jenis yaitu beban linier dan beban non-linier. Inverter jenis

modified sine wave ini tidak akan mempengaruhi beban-beban linier seperti lampu. Akan tetapi inverter jenis ini akan banyak mempengaruhi beban-beban non-linier seperti pompa air, air conditioning, kipas angin, kulkas, dll. Dengan gelombang nonsinus pada inverter modified sine wave akan mempengaruhi untuk kerja dari motor-motor pada beban-beban non-linier tersebut. Mulai dari rugi-rugi daya, torsi, sampai efisiensi dari motor-motor tersebut [3].

Inverter modified sine wave adalah inverter yang menghasilkan gelombang berbentuk kotak yang dimodifikasi sehingga menyerupai gelombang sinus. Jenis inverter ini memiliki efisien daya yang rendah jika digunakan untuk mensuplay beban induktor atau motor listrik[4].

Pada koverter dan motor tenaga elektronik, PWM digunakan untuk modified sine wave secara luas sebagai alat untuk menyalakan perangkat arus bolak-balik (AC) dengan sumber arus searah (DC). Modified sine wave hampir sama dengan inverter square wave tapi menggunakan tahap lain untuk terlihat lebih mirip ke bentuk sinus. Pada inverter modified sine wave ada tiga tingkatan tegangan pada bentuk gelombang output: high, low dan zero[5].

Oleh karena itu, maka berdasarkan uraian diatas tugas akhir ini akan dilakukan perancangan inverter MSW 300w pada pembangkit listrik tenaga angin.

Adapun tujuan penelitian adalah

1. Mengetahui bentuk gelombang inverter msw 300w pada pembangkit listrik tenaga angin.
2. Menganalisis efisiensi inverter msw 300w pada pembangkit listrik tenaga angin ketika ada beban.

Penelitian Terdahulu

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh (Robby Fierdaus, dkk,) menyatakan bahwa sumber inverter modified sine wave tidak baik digunakan pada beban motor induksi satu fasa jenis permanent split capacitor dalam solar home system karna disebabkan oleh perubahan rugi-rugi daya pada motor induksi satu fasa jenis permanent split capacitor pada kipas angin, mengalami kenaikan saat diberi sumber inverter modified sine wave dengan besar rugi-rugi daya sebesar 36,72 Watt. dibandingkan sumber sinusoidal murni dengan besar rugi-rugi daya sebesar 35,19 Watt. Dan dari penelitian tersebut gelombang modified sine wave terhadap torsi pada motor induksi satu fasa dapat mengakibatkan menurunnya torsi motor saat berbeban dibanding dengan torsi saat diberi sumber sinusoidal.[3]

Pada penelitian (Anang Supriyanto, 2016) besaran sumber yang dipakai untuk menyuplai inverter sangat berpengaruh terhadap output inverter semakin besar sumber yang di pakai semakin besar pula daya output yang dikeluarkan oleh inverter, begitu pula beban yang dipakai semakin besar daya beban semakin drop daya output pada inverter. Beban dengan daya terbesar berupa solder dengan daya 40 Watt dan saat pengukuran daya yang dikeluarkan oleh inverter sebesar 41 Watt, dan membutuhkan waktu 2 menit 12 detik sampai solder itu benar-benar panas sampai bisamelelehkan timah, dan tidak mengalami drop tegangan, sedangkan beban dengan daya terkecil berupa lampu dengan daya 5 Watt dan saat pengukuran daya yang dikeluarkan oleh inverter sebesar 13 Watt. Pengujian juga dilakukan dengan menggunakan dua buah beban secara bersamaan. Dan pada

pengujiannya mendapatkan hasil daya terbesar terdapat pada beban solder (40 Watt) dan lampu (5Watt) dengan total daya 45 Watt, besar daya yang dikeluarkan inverter sebesar 50 Watt supply tegangan dari output inverter 215 vac dengan sumber baterai, saat pengukuran terjadi drop tegangan sekitar 62 vac dari sumber baterai 215 vac dan drop tegangan 63 volt dari sumber power supply.[6]

Penelitian lainya yang dilakukan oleh (Ayub Haryanto, dkk, 2015) melakukan pengujian inverter DC ke AC yang dilakukan tanpa ada tegangan jaringan (PLN), pengujian menggunakan baterai yang bertegangan 11 volt 11,5 volt dan 12 volt dengan beban 11 watt dan 37 watt dengan tegangan yang berbeda di setiap pengujiannya. Dari hasil pengolahan data akan diolah untuk mengetahui nilai daya masukan dan keluaran pada inverter yang digunakan sebesar 200 watt DC ke AC. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat hasil tegangan dan arus yang dihasilkan dari solar sel sangat berpengaruh terhadap banyaknya cahaya yang diterima oleh solar sel tersebut. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima sel surya maka semakin cepat juga waktu yang diperlukan untuk pengisian batrai tersebut.[7]

Pada penelitian (Ray Mundus, dkk, 2019) yang melakukan pengujian rangkaian pembangkit sinyal pulsa pada perancangan ini berfungsi sebagai penghasil bentuk gelombang kotak-kotak. Untuk pengujian rangkaian pembangkit pulsa ini membutuhkan osiloskop digital agar terlihat

gelombang tegangan keluaran. Dan dari penelitian ini inverter push pull telah berhasil dibuat dengan menggunakan IC CD4047 dan Mosfet IRFZ44, IC CD4047 terbukti baik dapat digunakan sebagai pembangkit sinyal pulsa inverter memiliki kecepatan yang tinggi dalam proses swithing dengan nilai berkisar 0-24 milisekon.[8]

Dan di penelitian berbeda yang dilakukan oleh (David Setiawan, Dkk, 2019) melakukan penelitian desain inverter satu fasa berbasis arduino menggunakan Spwm mendapatkan hasil yang belum maksimal dikarenakan pada penelitiannya menggunakan software simulasi proteus ISIS yang dipilih karena library yang lengkap, simulasi dan dilengkapi dengan text editor yang digunakan untuk programing mikrokontroler. Inverter satu fasa tidak diberi kendali menghasilkan frekuensi yang tidak dapat diatur sedangkan inverter satu fasa yang menggunakan pengendali menghasilkan keluaran dengan frekuensi yang dapat diatur sesuai dengan keinginan, output inverter satu fasa tidak menggunakan kendali yaitu 2857,14Hz sedangkan yang terkendali yaitu 50Hz. Dan penelitian ini melakukan perbandingan antara inverter setengah jembatan dan jembatan penuh dari sisi output dan terlihat pada tegangan yang dihasilkan inverter jembatan penuh dua kali lipat dari setengah jembatan, karena saat setengah gelombang positif dibangkitkan oleh satu mosfet untuk setengah jembatan dan dua mosfet untuk jembatan penuh dan sebaliknya dengan frekuensi yang sama yaitu 50Hz.[9]

Pada penelitian (Ibnu Syukron, 2013) inverter di aplikasikan pada Air Conditioner dan inverter belum bisa karena keluaran daya inverter masih sebatas 300 Watt sedangkan Air Conditioner dengan daya paling minimal $\frac{1}{2}$ PK atau sekitar 380 Watt. Terjadi perbedaan hasil dari pengujian yang sudah ada hal ini disebabkan peralatan yang digunakan pada inverter dianggap ideal dan tidak terpengaruh suhu ruangan, panas penyolderan, serta faktor-faktor lainnya, saat penelitian terjadi penurunan tegangan pada masing-masing beban, terjadi karena penurunan tegangan pada sumber daya (aki). Penurunan terjadi karena sumber aki

tersebut dalam keadaan stand alone atau tidak dalam keadaan diisi kembali (re-charge). [10]

Pada penelitian (Ahmad Antares Adam, 2015) melakukan penelitian rangkaian inverter satu fas untuk pengendalian kecepatan motor kapasitor, untuk kondisi motor tidak berbeban maupun berbeban, tngangan yang dihasilkan inverter untuk frekuensi yang sama adalah sama. Tegangan yang dihasilkan tidak linier terhadap pertambahan nilai frekuensi 35-50 Hz. Arus yang ditarik oleh motor inverter berbanding lurus dengan kenaikan harga frekuensi dan kenaikan beban. Untuk frekuensi motor yang sama, semakin tinggi beban mekanis motor, semakin tinggi arus motor. Hal yang sama berlaku pula untuk daya, yaitu berbanding lurus dengan peningkatan frekuensi dan kenaikan beban. Semakin tinggi frekuensi, maka kecepatan motor juga semakin meningkat untuk kondisi motor tanpa beban dan berbeban mekanis. Namun kecepatan motor turun secara tajam seiring dengan meningkatnya beban mekanis yang terhubung dengan poros motor untuk nilai frekuensi motor yang sama. [11]

Pada penelitian (Nasrul Harun, dkk, 2009) pengujian inverter dilakukan dengan mengukur tegangan output inverter saat tegangan input boost converter 12 volt dan 24volt. Dari pengujiannya rangkaian pengontrol tegangan output generator pada dasarnya dapat bekerja dengan baik, tegangan output inverter memang tidak sama dengan sebesar 55 volt hal ini dikarenakan tegangan output dari boost converter sebagai sumber input bagi inverter tidak dapat sama dengan

55 volt melainkan berada pada range 53,11-60,7 volt. Penyimpangan hasil tegangan output terbesar terjadi saat penyimpangan tegangan output boost converter yang terbesar, yaitu saat tegangan input boost converter sama dengan 20

volt, hal ini terjadi akibat penyimpangan data ADC yang dibaca oleh uC1 cukup besar.[12]

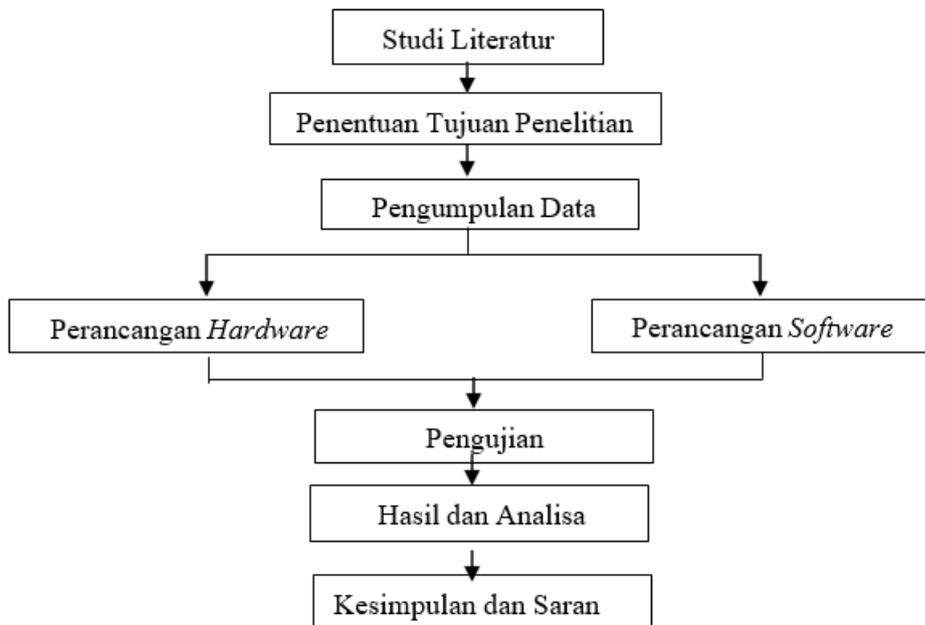
Penelitian lainnya (Asnil, dkk, 2018) dari simulasi yang dilakukan metode SPWM dapat meningkatkan kualitas keluaran inverter dengan menggunakan filter pasif LC yang dapat memperbaiki gelombang tegangan keluaran inverter. Sehingga pemasangan filter LC nilai THD (total harmonik distorsion) gelombang keluaran berkurang secara signifikan. Setelah pemakaian filter LC nilai THD tegangan fasa yang awalnya 68,51% berkurang menjadi 68,46% dan arus keluaran berkurang sebesar 0,77%, hal ini disebabkan karena nilai THD arus sudah rendah pada waktu menggunakan metode SPWM.[13]

Penelitian berbeda inverter dirancang pada daya maksimum 1300 Watt dengan tegangan input 12 Vdc dan output 220 Vac. Daya input inverter yang sebenarnya hanya dapat menampung daya 960 Watt. Jika dipengaruhi oleh faktor daya sebesar 0,9 maka daya maksimum adalah 862.4 Watt. Perhitungan efisiensi daya input pada beban 200 Watt didapat 80.0%. Dan efisiensi daya input pada beban 1200 Watt didapat sebesar 25.5%. sedangkan efisiensi daya output di beban 1200 Watt adalah 9.55% [14].

Pada penelitian kali ini akan dilakukan perancangan inverter MSW (Modified Sine Wave) pada beban resistif.

METODE PENELITIAN

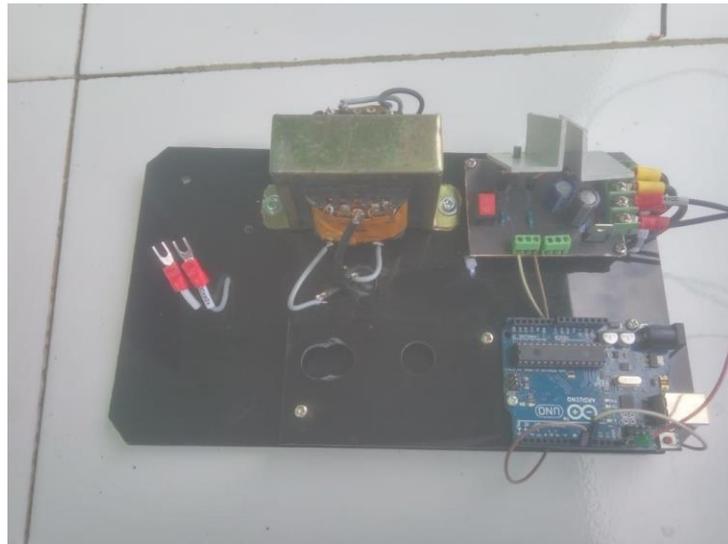
Menjelaskan mengenai tahapan yang dilakukan untuk penyusunan penelitian yang meliputi : studi literatur, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, implementasi, pengujian dan analisa, kesimpulan. Untuk diagram alir pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



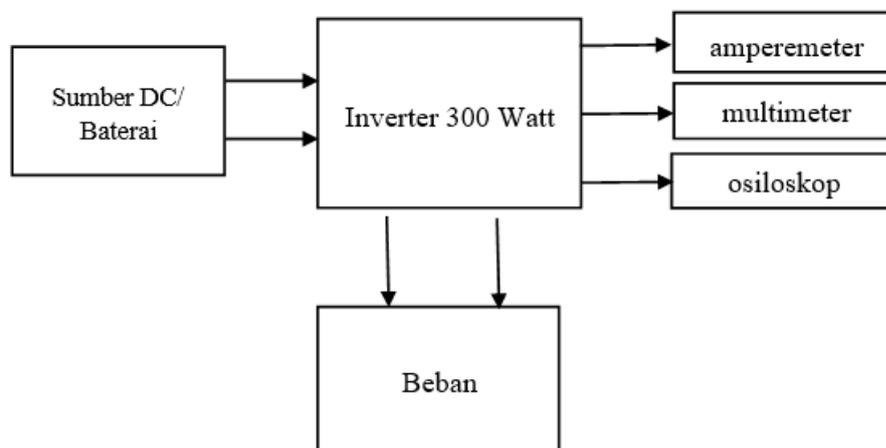
Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Perancangan Sistem Tenaga

Perancangan sistem merupakan langkah awal untuk menentukan bentuk dan susunan alat yang akan dibuat nantinya. Tahapan perancangan dilakukan agar pada saat pembuatan alat dapat terealisasi secara terstruktur, sistematis, efektif dan efisien. Dalam perancangan sistem pada penelitian kali ini terbagi atas tiga bagian besar yaitu perancangan pulse Drive Circuit. Dalam hal ini kita dapat menentukan software mana yang akan digunakan untuk merancang program sehingga alat nantinya akan bekerja maksimal sesuai keinginan kita. Serta dalam hal ini akan dilakukan perancangan hardware yang dilakukan sesuai dengan analisa kebutuhan komponen yang sebelumnya telah dilakukan, sehingga nantinya tidak ada kesalahan dalam sistem. Berikut adalah tahapan perancangan pembuatan penelitian dan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Inverter Modified Sine Wave

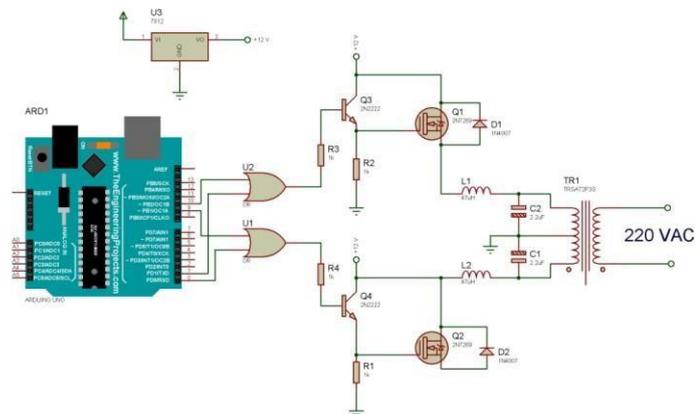


Gambar 3. Cara kerja inverter

Proses perakitan alat dan bahan untuk pengujian pada beban resistif yaitu, pertama menghubungkan positif (+) dan negatif (-) inverter dengan baterai DC. Setelah input inverter terhubung ke baterai selanjutnya hubungkan cok sambung dengan output inverter agar beban yang di uji gelombangnya dengan mudah untuk diganti dengan beban keluaran yang lain. Setelah beban tersambung selanjutnya menghubungkan ke osiloskop agar dapat membaca gelombang keluaran dari beban yang di uji, gelombang keluaran yang ditampilkan oleh osiloskop bentuk gelombang yang termodifikasi.

Perancangan Simulasi

Setelah tahap perancangan alat selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi dan pengujian alat dimana bertujuan untuk mengetahui apakah inverter yang dirancang telah sesuai dengan deskripsi kerja yang diinginkan, yaitu inverter dapat menghasilkan gelombang yang termodifikasi.



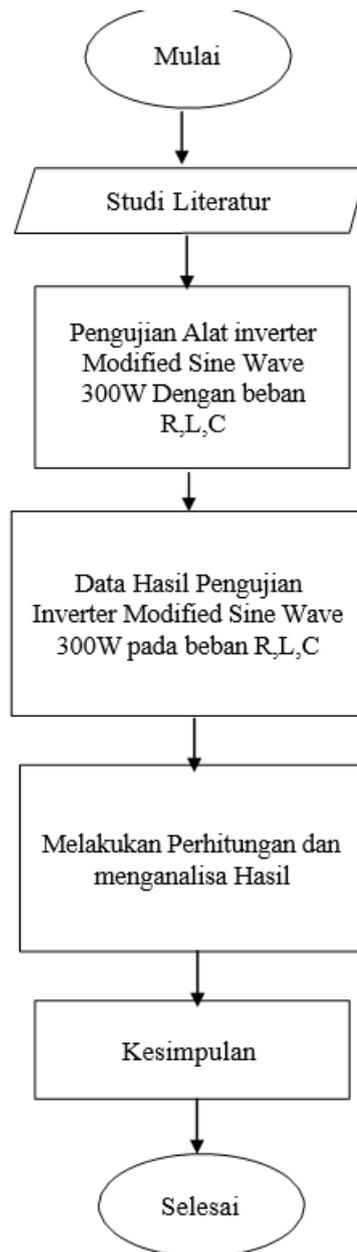
Gambar 4. Simulasi keseluruhan sistem

Pada gambar 4 diatas keseluruhan sistem terdiri dari :

Rangkaian half-Bridge inverter, pembangkit Pulse Drive Circuit. Pada rangkaian tersebut dapat dilihat Arduino Uno digunakan sebagai pembangkit sinyal PWM yang kemudian dialirkan ke rangkaian Half-Bridge. Adapun rangkaian Half-Bridge diinisiasikan dengan dua Mosfet IRFZ44N yang terpasang pada bagian atas dan bawah rangkaian untuk membentuk gelombang pulsa (Modified).

Metode Pengambilan Data

Adapun diagram alir (Flowchart diagram) untuk mempermudah memahami penelitian ini adalah sebagai berikut :



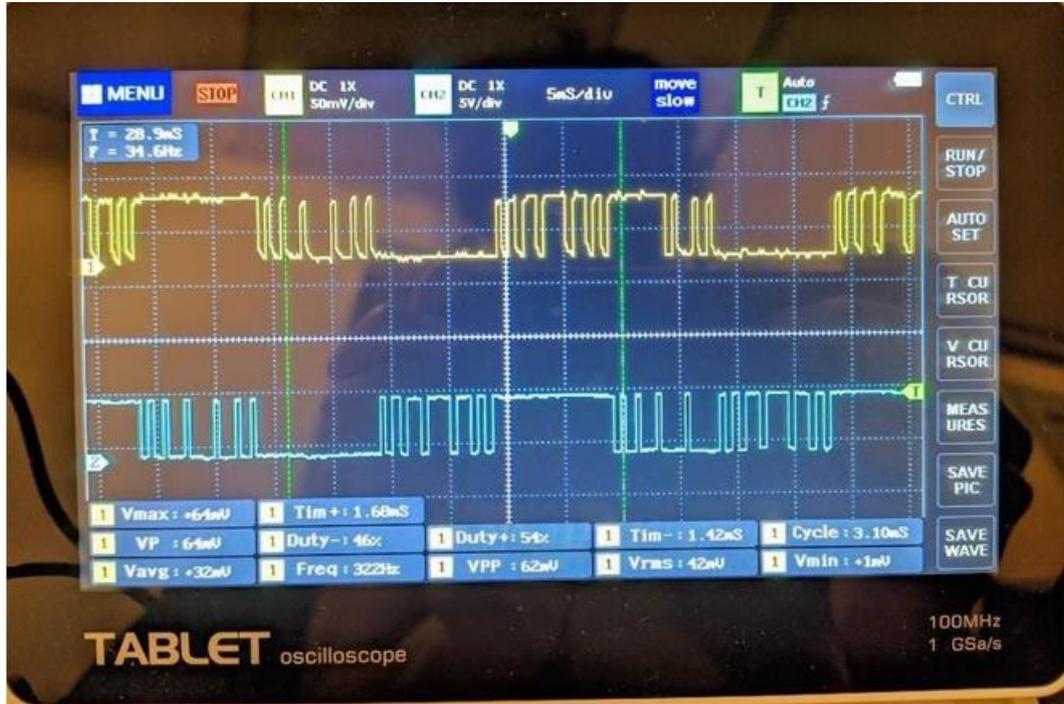
Gambar 5. Diagram Alir penelitian

Dalam tahapan ini dilakukan study literature untuk memahami cara kerja setiap komponen dan sistem yang akan dirancang. Adapun data yang diperlukan merupakan spesifikasi dari masing-masing komponen dan sekamatis sistem kerja dari hardware dan software yang akan dibuat meliputi prinsip kerja atau teori- teori dari sistem nantinya. Adapun study literature yang dilakukan adalah memahami tentang prinsip kerja inverter beserta teori-teori yang digunakan seperti metode modulasi gelombang pulsa meliputi penggunaan arduino sebagai pulse drive circuit. Dalam hal ini juga dilakukan study literature terhadap penggunaan software untuk membangun sistem yang diinginkan seperti software Arduino IDE, Proteuse dan Smart sine.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gelombang PWM (*Pulse Width Modulation*)

Gelombang PWM ini adalah gelombang yang dihasilkan dari sistem pembangkit gelombang melalui kontrol Arduino (Kuning) dan gelombang PWM setelah masuk ke transistor melalui rangkaian Half Bridge (Biru) seperti yang dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Gelombang PWM

Dengan data yang didapat sebagai berikut : PWM setelah masuk ke transistor (Biru)

- T/Div = 50 ms VOSC = 1
- V/Div = 5 V TOSC = 0,8
- PWM Arduino (Kuning)
- T/Div = 20 ms VOSC = 1,2
- V/Div = 50 mV TOSC = 2

Analisa Data

Analisa data ini dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi dari setiap beban yang diukur, adapun data inverter sebelum dibebani adalah sebagai berikut :

Input baterai sebelum dibebani = 12,08 VDC Output inverter sebelum dibebani = 231 VAC Arus input sebelum dibebani = 0,37 A

Arus output sebelum dibebani = 0,00 A

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman data sensor antar *node* dengan rentang jarak kelipatan 3 meter dengan penghalang, terlihat pada jarak 12 meter sudah terdapat beberapa paket data yang tidak sampai ke *node receiver*. Untuk presentase *packet loss* pengiriman data dapat dilihat pada Tabel 2.

1. Beban Induktif

Perhitungan beban Induktif setelah melakukan penelitian menggunakan inverter 300 watt ialah :

Tabel 1. Pengujian Beban Induktif

Beban	Vin	Vout	Iin	Iout
Kipas 5 Watt	13,7V	220V	9,6A	0,01A
Kipas 30 Watt	13,5V	220V	9,6A	0,06A
Blender 300W	12,5V	119V	9,7A	0,6A

- **Kapasitas 5 Watt**

$$V_{in} = 13,7 \text{ Volt } I_{in}$$

$$= 9,6 \text{ Ampere } V_{out}$$

$$= 220 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,01 \text{ Ampere}$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$= 13,7 \times 9,6$$

$$= 131,52 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$= 220 \times 0,01$$

$$= 2,2 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{2,2}{131,52} \times 100 = 1,67 \%$$

- **Kapasitas 30 Watt**

$$V_{in} = 13,5 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 9,6 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 220 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,06 \text{ Ampere}$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$= 13,5 \times 9,6$$

$$= 128,25 \text{ Watt}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$= 220 \times 0,06$$

$$= 13,2 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{13,2}{128,25} \times 100 = 10,29\%$$

- **Kapasitas 300 Watt**

$$V_{in} = 12,5 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 9,7 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 119 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,6 \text{ Ampere}$$

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,5 \times 9,7 \\ &= 121,25 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{out} &= V_{out} \times I_{out} \\ &= 119 \times 0,6 \\ &= 71,4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{71,4}{121,17} \times 100 = 58,92\%$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan secara pengukuran dan perhitungan pada inverter, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perancangan inverter MSW berhasil dirancang dengan keluaran gelombang yang dihasilkan adalah gelombang pulsa (kotak).
2. Beban induktif belender dengan daya 300 watt adalah efisiensi paling tinggi dengan nilai 58,92 dan efisiensi terendah adalah pada beban induktif kipas 5 watt sebesar 1,67 %

DAFTAR PUSTAKA

- L. R. Aliyan, R. N. Hasanah, and M. A. Muslim, "Desain Inverter Tiga Fasa dengan Minimum Total Harmonic Distortion Menggunakan Metode SPWM," *Eeccis*, vol. 8, no. 1, pp. 79–84, 2014.
- S. N. Mohammad Luqman1, Eka Mandayatma2, "STUDI KOMPARASI UNJUK KERJA," *J. ELTEK*, vol. 17, no. 01, pp. 95–115, 2019.
- I. S. Fasa, "Pengaruh bentuk gelombang sinus termodifikasi (modified sine wave terhadap unjuk kerja motor induksi satu fasa."
- Yuliarman Saragih, Hasna A. Roostiani, and Agatha Elisabet S, "INTERNETWORKING INDONESIA JOURNAL," Design Build Portable Solar Dryer for Drying Urea Molasses Block with Arduino-based Solar Power Plant, vol. 11 No 2, 2019.
- F. A. Samman and A. Azhari, "DC/AC power converter for home scale electricity systems powered by renewable energy," 2016 Int. Conf. Smart Green Technol. Electr. Inf.

- Syst. Adv. Smart Green Technol. to Build Smart Soc. ICSGTEIS 2016 - Proc., no. October, pp. 149–154, 2017, doi: 10.1109/ICSGTEIS.2016.7885782.
- N. Evalina, F. I. Pasaribu, and A. A. H, “The Use of Inverters in Solar Power Plants for Alternating Current Loads,” vol. 2, no. 3, pp. 609–614, 2021.
- F. I. Pasaribu and M. Reza, “Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP,” R E L E (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro, vol. 3, no. 2, pp. 46–55, 2021.
- M. R. Harmansyah, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Palembang, “Rancang Bangun Inverter Pure Sine Wave Pada,” Ranc. Bangun Invert. Pure Sine Wave Pada Sist. Pemanfaat. Energi Matahari Di Rumah Tangga, vol. 13, 2019.
- J. Teknik et al., “Desain dan analisis inverter satu fasa berbasis arduino menggunakan metode spwm 123,” vol. 13, pp. 128–135, 2019.
- J. Desember and I. Syukron, “Pembuatan Inverter Untuk Air Conditioner,” vol. 5, no. 2, 2013.
- Suroso, A. Khafidz, Winasis, and H. Siswantoro, “Three-level modified sine wave inverter equipped with online temperature monitoring system,” *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 18, no. 2, pp. 977–984, 2020, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.v18i2.14848.
- N. Harun, D. Yunus, S. Pengajar, T. Elektro, and P. Negeri, “PENGATURAN TEGANGAN OUTPUT.”
- M. R. Fachri and H. Hendrayana, “Analisa Potensi Energi Angin dengan Distribusi Weibull Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Banda Aceh,” *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2017, doi: 10.22373/crc.v1i1.1377.
- Zulfikar, N. Evalina, A. A. H, and Y. T. Nugraha, “Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3Mx2,” *Semnastek Uisu*, pp. 2–5, 2019.
- B. Majhi, “Analysis of Single-Phase SPWM Inverter,” no. May, 2012.
- J. Arifin, L. N. Zulita, and H. Hermawansyah, “Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560,” *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 89–98, 2016, doi: 10.37676/jmi.v12i1.276.
- A. P. U. Siahaan, “Improvisation Analysis of Reactive Power Energy Saving Lamps Based on Inverter,” vol. 2, no. 5, pp. 141–145, 2017, doi: 10.31227/osf.io/bcxkf.