

TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN INVERTER MSW 300WATT PADA PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA ANGIN**

Diajukan Sebagai Syarat Untuk mendapatkan Gelar Sarjana
Program Strata-1 Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara

Diajukan Oleh :

ADRIAN SAPUTRA

1607220022



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Adrian Saputra
NPM : 1607220022
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Inverter MSW 300 Watt
Bidang Ilmu : Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 Oktober 2021

Mengetahui dan Menyetujui :

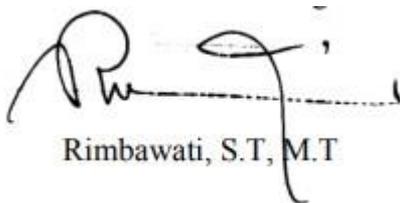
Dosen Pembimbing



Noorly Evalina, S.T, M.T

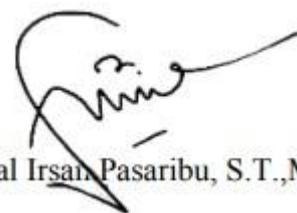
Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

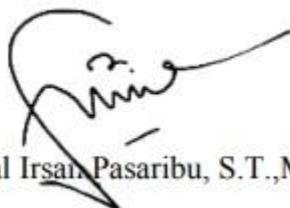


Rimbawati, S.T, M.T

i Teknik Elektro K



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Adrian Saputra
Tempat/Tanggal Lahir : Lhokseumawe/13Desember 1998
NPM : 1607220052
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“Perancangan Inverter MSW 300 Watt Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin ”.

Bukan merupakan Plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non- material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 09 Oktober 2021

Saya yangmenyatakan,



Adrian Saputra

ABSTRAK

Dalam penggunaan pembangkit listrik yang menghasilkan tegangan DC, seperti Solar panel (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro (PLTMH), dan lain-lain. Inverter adalah alat yang penting, inverter adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi AC. Inverter *Modified Sine Wave* adalah jenis inverter yang menghasilkan gelombang kotak yang dimodifikasi. Perancangan dilakukan dengan cara input inverter terhubung ke baterai lalu hubungkan dengan output inverter agar beban yang diuji gelombangnya dengan mudah untuk diganti dengan beban keluaran yang lain, yang ditampilkan oleh osiloskop bentuk gelombang yang termodifikasi. Hasil dari penelitian menggunakan inverter ini menghasilkan efisiensi tertinggi pada beban induktif sebesar 58,92 % pada beban Blender dan efisiensi terendah sebesar 1,67 % pada beban 5 watt.

Kata Kunci : PLTS, *Inverter Modified Sine Wave*, Arduino

ABSTRACT

In the use of power plants that produce DC voltage, 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. 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, then connecting the choke with the inverter output so that the load being tested for waves can be easily replaced with another output load displayed by the modified waveform oscilloscope. The results of the research using this inverter resulted in the highest efficiency at inductive load of 58.92% at Blender load and the lowest efficiency of 1,67% at 5 watt load

Keyword : PLTS, Inverter Modified Sine Wave, Arduino

KATA PENGANTAR



Assalamu‘alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan Syukur Kehadirat ALLAH Subhana Wata‘ala yang telah memberikan Rahmat dan Kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Inverter MSW 300 Watt” dengan lancar dan hasil yang baik.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, tentunya terdapat dukungan dari berbagai pihak yang mendukung, baik dari segi Moril dan Materil. Untuk itu pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Subhana Wata‘ala yang dengan segala Rahmat dan Karunia-Nya serta kesempatan yang diberikan kepada Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Ayahanda Ardison dan Ibunda Ilyani yang sangat Penulis cintai dan sayangi, Telah berjuang dengan keras baik Doa dan Tindakan dalam mendukung Penulis menggapai impian dan menyelesaikan Tugas akhir ini serta Saudara saya Sandi Arlian yang juga serta turut membantu
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,S.Pd.,M.T dan Ibu Elvy Sahnur Nasution S.T.,M.T selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi S-1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Noorly Evalina, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah

membimbing dan mengarahkan Kepada Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Staff Pengajar/Pegawai Program Studi Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2016, Terkhusus Ariadi, Ridho Ananda, Aldinofa Andara yang telah menjadi sahabat terbaik Penulis, Serta teman-teman kelas A-1 Pagi Teknik Elektro.
8. Serta masih banyak lagi pihak-pihak yang sangat berpengaruh dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Allah Yang Mahas Esa senantiasa membalas semua Kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat terkhusus bagi Penulis dan kepada pembaca umumnya. Aamiin Ya Rabbal,,Alamin.

Medan, 09 Oktober 2021

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Adrian Saputra', written over a light blue horizontal line.

Adrian Saputra

1607220052

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
“Perancangan Inverter MSW 300 Watt ”	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	4
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 inverter	8
2.2.2 klasifikasi inverter	11
b.Inverter Modified Sine Wave.....	12
c.Inverter Pure Sine Wave	15
2.3 <i>Single Pulse Width Modulation</i>	16
2.4 <i>Multiple Pulse Width Modulation</i>	18
2.5 Baterai.....	19
2.6 Kapasitas Baterai.....	20
2.6.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketahanan Baterai	21
2.7 Beban.....	22
2.8 Arduino IDE	25
2.9 Arduino Uno	26
2.9.1 Mosfet.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Tempat Penelitian.....	29
3.2 Waktu Penelitian	29
3.3 Alat dan Bahan	29
3.3.1 Alat	29
3.3.2 Bahan	30
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	31
3.5 Prosedur Penelitian.....	31
3.5.1 Pengumpulan Data.....	31
3.5.2 Analisis Kebutuhan Alat dan Sistem	32
3.6 Perancangan Sistem.....	33
3.7 Perancangan Simulasi.....	35
3.8 Diagram Alir Penelitian (Flowchart).....	36

BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	37
4.1 Hasil Gelombang.....	37
4.1.1 Gelombang PWM (Pulse Width Modulation).....	37
4.1.2 Gelombang dengan Beban dan Tanpa Beban.....	39
4.1.3 Analisa Data.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Inverter.....	9
Gambar 2.2 <i>Square Sine Wave</i>	11
Gambar 2.3 Rangkaian <i>Inverter Square Sine Wave</i>	12
Gambar 2.4 Gelombang <i>Inverter Modified Sine Wave</i>	13
Gambar 2.5 Rangkaian <i>Inverter Modified Sine Wave</i>	13
Gambar 2.6 Gelombang <i>Inverter Pure Sine Wave</i>	15
Gambar 2.7 Rangkaian <i>Inverter Pure Sine Wave</i>	15
Gambar 2.8 <i>Single Pulse Modulation</i>	17
Gambar 2.9 Gelombang Pulsa dengan Nilai Periode dan <i>duty cycle</i>	18
Gambar 2.10 Baterai	20
Gambar 2.11 Beban Resistif	23
Gambar 2.12 Beban Induktif	24
Gambar 2.13 Beban Kapasitif	25
Gambar 2.14 Arduino IDE	25
Gambar 2.15 Arduino Uno	26
Gambar 2.16 MOSFET	28
Gambar 3.1 Inverter MSW	34
Gambar 3.2 Rancangan Keseluruhan Sistem.....	35
Gambar 4.1 Gelombang PWM	38
Gambar 4.2 Hasil Gelombang Tanpa Beban	3

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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, komputer, 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.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan diatas permasalahan yang akan di bahas adalah:

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

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini 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.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun beberapa batasan masalah dari tugas akhir ini antara lain :

1. Pengujian dilakukan pada beban listrik peralatan rumah tangga seperti lampu, blender, dan kipas.
2. Menguji kualitas gelombang keluaran dari inverter.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

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 karna 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, karna 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 karna 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 karna penurunan tegangan pada sumber daya (aki). Penurunan terjadi karna 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 penambahan 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 harmonic distortion*) 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.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 inverter

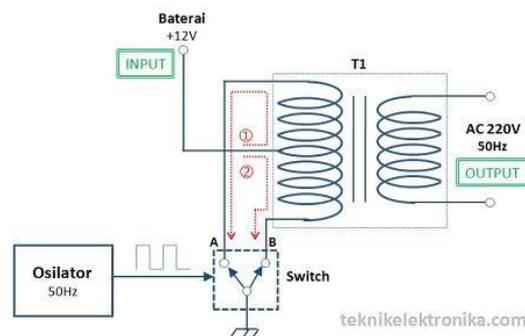
konversi daya dari DC ke AC disebut dengan inverter. Fungsi dari inverter adalah untuk mengubah tegangan masukan DC menjadi tegangan AC. Sumber arus DC bisa berasal dari sistem panel surya ataupun dari batrai/ accumulator.

Secara umum yang disebut arus bolak balik adalah tegangan jala-jala, yang di Indonesia adalah listrik yang berasal dari jaringan PLN. Bentuk dari tegangan AC ini adalah sinusoidal murni dengan frekuensi 50 Hz pada tegangan 220 V. Bentuk tegangan AC yang dihasilkan oleh inverter secara umum ada dua jenis, yaitu sinusoidal dan tegangan kotak.[2]

Inverter bekerja dengan cara memotong-motong tegangan DC dengan sebuah saklar, kemudian tegangan tersebut di umpankan ke transformator dengan CT (*Center Tap*) secara bergantian. Maka pada output akan dihasilkan tegangan AC.

Inverter gelombang sinus yang dimodifikasi memberi solusi murah dan mudah untuk menyalakan perangkat yang membutuhkan daya AC. Ini memang memiliki beberapa kekurangan karena tidak semua perangkat bekerja dengan benar pada gelombang sinus termodifikasi, produk seperti komputer dan peralatan medis tidak tahan dengan distorsi sinyal dan harus dilepaskan dari sumber daya gelombang sinus murni.

Sederhananya, suatu power inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini, hanya terdiri dari rangkaian osilator, rangkaian saklar (*switch*) dan sebuah transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 2. 1 Prinsip kerja inverter

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah diberikan ke Center Tap (CT) sekunder transformator sedangkan dua ujung transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (switch) dua arah ke ground rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke center tap primer transformator yang kemudian mengalir ke titik A Transformator hingga ke ground melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke center tap primer transformator hingga ke ground melalui saklar titik B. Titik A, B dan jalur 1, 2 dapat dilihat pada gambar diatas.

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada saklar (switch) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50 Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50 Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai switch di rangkaian switch inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET.

Sekunder transformator akan menghasilkan output yang berupa tegangan yang lebih tinggi contohnya 120 V atau 240 V tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder. Transformator atau rasio lilitan antara primer dan sekunder

transformator yang digunakan pada inverter tersebut.

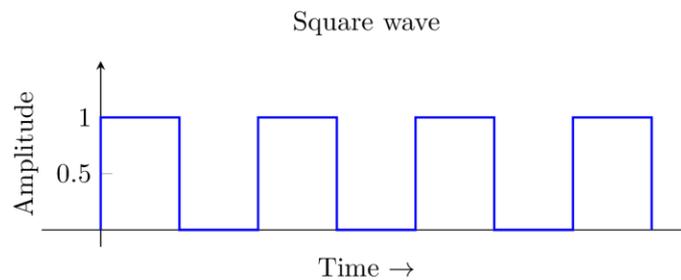
2.2.2 klasifikasi inverter

Berdasarkan gelombang yang dihasilkan, maka inverter dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : *Square Sine Wave*, *Modified Sine Wave*, dan *Pure Sine Wave*.

Inverter ini dibedakan berdasarkan gelombang luarannya, termasuk juga variasi level efisiensi dan distorsi yang bisa memberikan pengaruh pada peralatan elektronika dengan cara yang berbeda.

a. Square Sine Wave inverter

Square wave inverter adalah inverter yang memiliki tegangan luaran yang berbentuk kotak yang simetris terhadap (ground). Dan pada umumnya inverter jenis ini tidak bisa digunakan pada alat elektronika rumah tangga karna outputnya bukan berupa gelombang sinus, bentuk output gelombang ini berbentuk persegi seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2. 2 Square Sine Wave

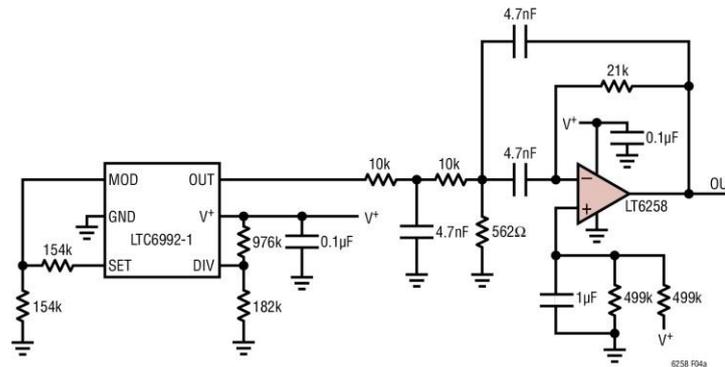


Figure 4a. Low Power Squarewave - Sinewave Oscillator

Gambar 2. 3 Rangkaian inverter Square Sine Wave

Kelebihan dan kekurangan inverter gelombang persegi

Kelebihan dari inverter ini adalah :

1. Rangkaian sederhana.
2. Komponen murah dan mudah didapat dipasaran
3. Tidak banyak membutuhkan komponen

Kekurangan dari inverter ini adalah :

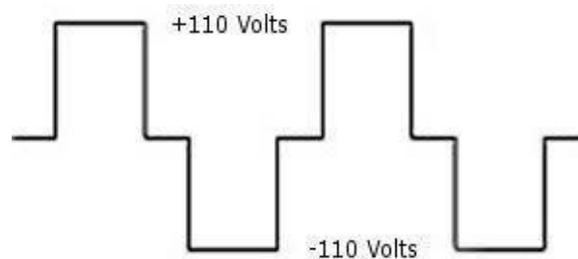
1. Bentuk gelombang keluaran kotak, tidak cocok untuk beban induktif.
2. Daya yang dihasilkan masih terbatas
3. Semakin besar beban, semakin besar transformator yang dibutuhkan.

b. Inverter Modified Sine Wave

Sine wave modified inverter, yaitu inverter dengan tegangan output hampir sama dengan *Square sine wave* namun pada inverter jenis ini outputnya menyentuk titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif.

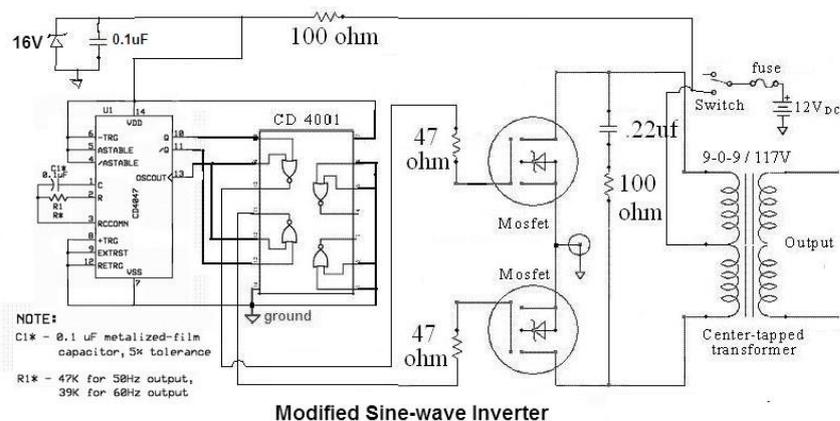
Selain itu *modified sine wave* mempunyai *harmonic distortion* yang lebih sedikit dibanding *square wave* maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti computer, tv, lampu namun tidak bisa untuk beban yang lebih sensitif.

Pada konverter 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) langsung atau untuk konversi DC / AC lanjutan. Pada inverter *modified sine wave*, ada tiga level tegangan pada bentuk gelombang output : *high*, *low* dan *zero* seperti terlihat pada gambar dibawah ini



Modified Sine Wave

Gambar 2 4 Gelombang Modified Sine Wave



Gambar 2. 5 Rangkaian inverter modified Sine Wave

Kontrol PWM analog memerlukan pembangkitan sinyal referensi dan pembawa yang memberi umpan ke komparator yang menghasilkan sinyal keluaran berdasarkan perbedaan antara sinyal. Sinyal referensi adalah sinusoidal dan pada frekuensi sinyal keluaran yang diinginkan, sedangkan sinyal pembawa sering berupa gigi gergaji atau gelombang segitiga pada frekuensi yang signifikan lebih besar daripada referensi.

a. Kelebihan dan Kekurangan dari Inverter Modified Sine Wave :

Kelebihan dari inverter ini adalah :

1. Praktis dan ekonomis untuk diterapkan
2. Pada pengendalian kecepatan motor AC, PWM mampu menggerakkan motor induksi dengan putaran halus dan rentang yang lebar
3. Menghasilkan distorsi harmonic yang rendah pada tegangan keluaran dibanding dengan jenis inverter lainnya.

b. Kekurangan dari inverter ini adalah :

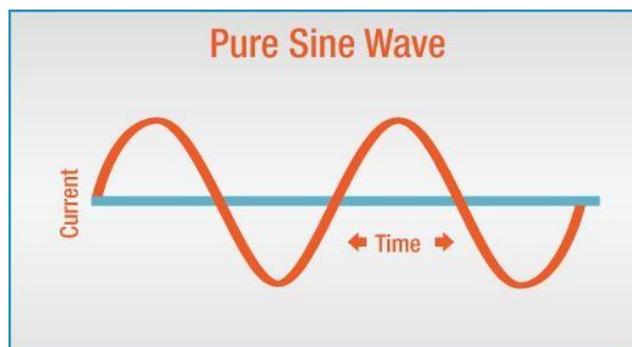
1. Gelombang jenis ini tidak akan bekerja dengan baik pada laser printer, hard drive oven microwave dll.
2. Tegangan output menjadi berkurang
3. Problem interferensi elektromagnetik (EMI) disebabkan harmonik orde tinggi.

c. Inverter Pure Sine Wave

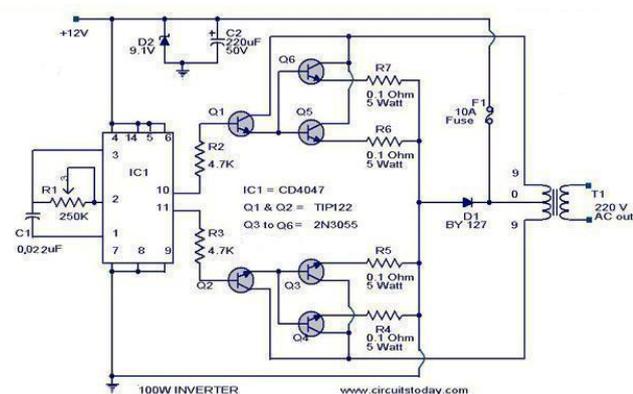
Pure Sine Wave adalah inverter yang memiliki tegangan output dengan beban bentuk gelombang sinus murni. Dengan *total harmonic distortion* (THD) $< 3\%$ sehingga cocok untuk semua alat elektronik. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut “*clean power supply*”.

Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut *Pulse Width Modulation* (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoida.

Sumber daya terbaik untuk sebagian besar aplikasi adalah gelombang 50 Hz sinus murni, identik dengan sumber 120 Vrms tersedia dari perusahaan listrik negara.



Gambar 2.6 Gelombang Inverter Pure Sine Wave



gambar 2.7 Rangkaian Inverter Pure Sine Wave

Bentuk gelombang adalah suatu grafik yang menyatakan sinyal sebagai fungsi dari waktu, atau disebut juga getaran Selaras sederhana yang merupakan gerak harmonis dengan amplitudo yang tetap. Dan gelombang sinus merupakan gelombang pengulangan tanpa henti dari suatu osilasi antara dua nilai puncak, yaitu puncak positif dan negatif. Sumber daya untuk sebagian besar aplikasi adalah gelombang sinus murni 60 Hz, identik dengan sumber 120 Vrms yang tersedia dari perusahaan listrik AS manapun.

Kelebihan dan Kekurangan dari Pure Sine Wave

Kelebihan inverter ini adalah :

1. Tegangan output dari inverter ini adalah gelombang sinus murni jadi akan lebih aman jika digunakan untuk menyalakan peralatan elektronik yang ada di rumah.
2. Beban induktif seperti oven microwave dan motor berjalan lebih cepat, ringan ,dan efisien.
3. Tidak merusak perangkat elektronik induksi misalnya motor kipas, lampu neon, audio amplifier, tv, dll

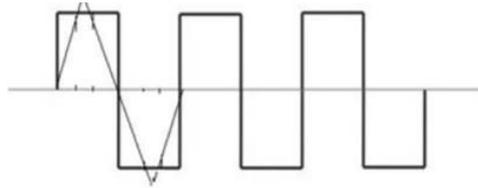
Kekurangan dari inverter ini adalah :

1. Rugi-rugi switching naik karena frekuensi PWM yang tinggi.
2. Inverter jenis ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk melakukan perputaran yang presisi
3. Tegangan outputnya menjadi berkurang.

2.3 Single Pulse Width Modulation

Dalam modulasi ini hanya ada satu pulsa keluaran per setengah siklus. *Output*

diubah dengan mengatur lebar gelombang pulsa. Sinyal gating dihasilkan dengan membandingkan referensi segi empat dengan referensi segitiga yang dihasilkan. Frekuensi kedua sinyal hampir sama-sama dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.8 Single Pulse Modulation

[15]

T_{ON} adalah waktu dimana tegangan keluaran pada posisi tinggi dan T_{OFF} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah. Total dari kedua sinyal menentukan besar *duty cycle*. T_{total} adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara T_{ON} dan T_{OFF} sama dengan satu gelombang atau periode[16].

$$T_{total} = T_{ON} + T_{OFF} \quad (2.1)$$

Tegangan keluaran AC rms dinyatakan dengan :

$$V_{out} = \frac{T_{ON}}{T_{total}} \times V_{in} \quad (2.2)$$

$$\text{Indeks modulasi (MI)} = \frac{V_r}{V_c}$$

Dimana : V_r = Gelombang sinusoida.

V_c = Gelombang segitiga.

V_{out} = Tegangan output.

V_{in} = Tegangan input

t_{ON} = Gelombang pulsa saat keadaan *high* (ms)

t_{OFF} = Gelombang pulsa saat keadaan *low* (ms)

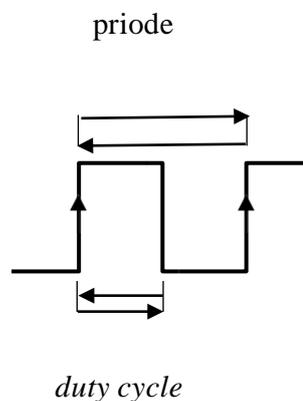
t_{total} = Gelombang waktu dalam 1 periode gelombang (ms)

2.4 Multiple Pulse Width Modulation

Teknik *multiple pulse width modulation* (MPWM) ini adalah teknik penggandaan keluaran PWM per setengah siklus dengan lebar sinyal yang berbeda[17]. Sinyal gelombang pulsa (*gating signal*) harus dibentuk dengan membandingkan gelombang sinus yang diinginkan (*reference signal wave*) dengan gelombang segitiga (*triangular wave*). Lebar setiap sinyal PWM yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan amplitudo gelombang sinus yang ingin pada pusat PWM yang sama[15].

$$V = V_{max} \sin \omega t \quad (2.3)$$

Teknik MPWM pada dasarnya berbasiskan satu keluaran gelombang PWM dengan bentuk gelombang pulsa yang spesifik priode dan *duty cycle* nya



Gambar 2.9 Gelombang pulsa dengan nilai priode dan *duty cycle*

$$\delta = \text{duty cycle} = \frac{t_{ON}}{t_{total}} \quad (2.4).$$

2.5 Baterai

Baterai merupakan suatu komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkannya ke rangkaian listrik. Baterai merupakan sumber utama energi listrik yang digunakan pada kendaraan dan alat-alat elektronik. Sebagai catatan baterai tidak menyimpan listrik, tetapi menampung zat kimia yang dapat menghasilkan energi listrik. Dua bahan timah yang berbeda berada di dalam asam yang bereaksi untuk menghasilkan tegangan listrik yang disebut tegangan. Reaksi elektrokimia ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik.

Ada beberapa tipe baterai yang ada yaitu baterai tipe timah-asam (lead acid),

Baterai perawatan ringan atau baterai bebas perawatan, baterai berventilasi, dan baterai rapat (sealed baterai). Jumlah tenaga listrik yang dapat disimpan di dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan ampere jam (AH). Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti baterai tersebut mempunyai tegangan 12 volt dimana jika baterai tersebut digunakan selama 1 jam dengan arus pemakaian 60 ampere, maka kapasitas baterai tersebut setelah 1 jam akan habis. Dan jika pemakaian hanya 30 ampere maka baterai tersebut akan habis setelah 2 jam. Disini terlihat bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan pada baterai, dan sebaliknya jika semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama terjadi pengosongan pada baterai.

Terdapat 2 jenis baterai berdasarkan pada proses yang terjadi, yaitu :

1. Primary battery ialah baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan

dibuang, dan material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.

2. Secondary battery adalah baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan bahan aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel. Baterai sekunder sendiri terdapat banyak jenisnya di pasaran, antara lain baterai ion litium (Li-ion atau LIB)



Gambar 2.10 Baterai

2.6 Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai merupakan kemampuan baterai menyimpan daya listrik atau besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Besarnya kapasitas tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam

pemakaian. Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan di bawah ini :

$$Ah = \text{Kuat Arus (ampere)} \times \text{Waktu (hours)}$$

Dimana : Ah = kapasitas baterai/ aki

I = kuat arus (ampere)

t = waktu (jam/sekon)

2.6.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Ketahanan Baterai

a. Pengaruh Temperatur

Temperatur yang tinggi disebabkan karena terjadinya pensulfatan dan akibat pengisian berlebihan. Pensulfatan akibat dari *self discharge* dimana pada pelat timbul kristal timah sulfat halus dan lama-kelamaan akan mengeras. Tanda-tanda terjadinya pensulfatan adalah :

1. Terjadinya panas yang berlebihan.
2. Pembentukan gas yang cepat saat diberi arus pengisian yang besar.

b. Over charging

Pengisian yang berlebihan juga mengakibatkan baterai cepat habis.

c. Penguapan

Iklim tropis dan letak baterai yang dekat dengan mesin membuat penguapan elektrolit yang tinggi.

d. Korosi pada plat positif

Korosi timah positif dan masa hidup baterai dapat di amati pada tingkat korosi sebanyak kadar dari penyusutan elektrolit.

2.7 Beban

Beban listrik adalah sesuatu yang harus dipikul oleh pembangkit listrik. Dalam aplikasi sehari-hari dapat digambarkan bahwa beban listrik adalah peralatan yang menggunakan daya listrik agar bisa berfungsi. Pada keseluruhan sistem, total daya adalah jumlah semua daya aktif dan reaktif yang dipakai oleh peralatan yang menggunakan energi listrik. Jadi dalam penggunaannya total beban listrik adalah total semua daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik tersebut yang aktif, karena dalam kondisi mati peralatan tersebut tentu tidak menggunakan daya listrik. Berdasarkan sifat suatu beban listrik dapat dibedakan menjadi 3 yaitu :

a. Resistif

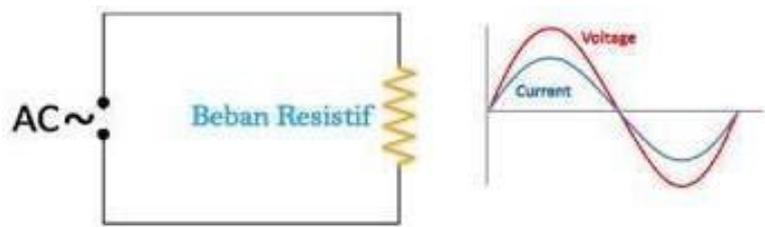
Beban resistif adalah suatu alat yang membutuhkan daya listrik, berupa komponen yang terdiri dari resistansi (ohm), dan bekerja berdasarkan prinsip kerja resistansi (hambatan). Beberapa contoh alat listrik yang termasuk jenis resistif adalah lampu pijar, heater, rice cooker, setrika, solder listrik dan alat rumah tangga yang bekerja menggunakan elemen pemanas. Karena alat listrik yang termasuk ke dalam jenis beban resistif tidak mempengaruhi faktor daya ($\cos\phi=1$) maka rumus daya pada beban resistif, adalah :

$$P = V \times I$$

Dimana : P = Daya (Watt)

V = tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)



Gambar 2. 11 Beban Resistif

b. Induktif

Beban induktif adalah suatu alat yang membutuhkan daya listrik berupa kumparan/ lilitan kawat penghantar yang dililit pada suatu inti kumparan, yang bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi. Beban induktif menghasilkan daya harmonik yang dapat mengakibatkan penurunan nilai $\cos\phi$ menjadi lebih kecil dari 1,00. Kumparan pada beban induktif menyebabkan terhambatnya laju arus, sehingga terjadi pergeseran posisi gelombang arus menjadi tertinggal (lagging) dari gelombang tegangan. Beberapa contoh alat listrik yang termasuk beban induktif adalah motor listrik, mesin las listrik, transformator, lampu hemat energi dan semua alat listrik yang bekerja berdasarkan induksi. Beban induktif dapat mengakibatkan penurunan nilai $\cos\phi$ (Faktor daya), maka rumus daya pada beban induktif listrik 1 phase, adalah :

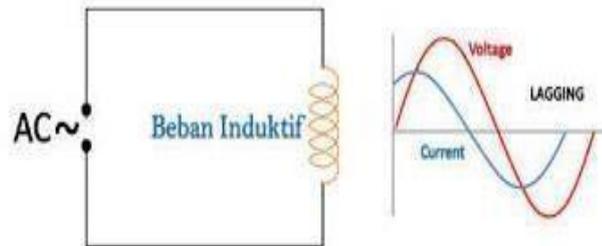
$$P = V \times I \times \cos\phi$$

Dimana : P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

$I =$ Arus (Ampere)

Cosphi nilai < 1



Gambar 2. 12Beban Induktif

c. Kapasitif

Beban kapasitif adalah suatu alat yang membutuhkan daya listrik dan memiliki kemampuan kapasitansi yaitu kemampuan untuk menyerap dan menyimpan energi listrik dalam waktu sesaat. Beban kapasitif menyebabkan terhambatnya laju tegangan, sehingga terjadi pergeseran posisi gelombang arus menjadi mendahului (Leading) dari gelombang tegangan. Alat listrik yang termasuk dalam beban kapasitif adalah kapasitor (Kondensator). Karena alat listrik yang termasuk kedalam jenis beban kapasitif dapat mengakibatkan perubahan nilai cosphi lebih kecil dari 1,00 maka rumus daya pada beban kapasitif listrik 1 phase, adalah :

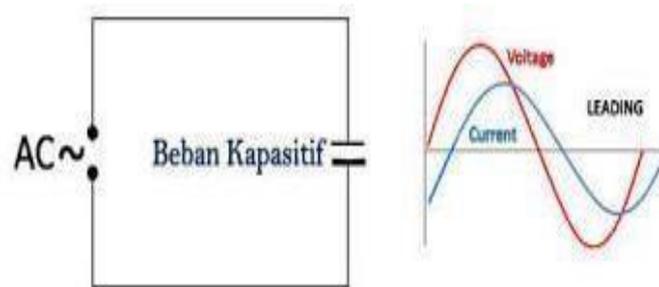
$$P = V \times I \times \text{Cosphi}$$

Dimana : $P =$ Daya (Watt)

$V =$ Tegangan (Volt)

$I =$ Arus (Ampere)

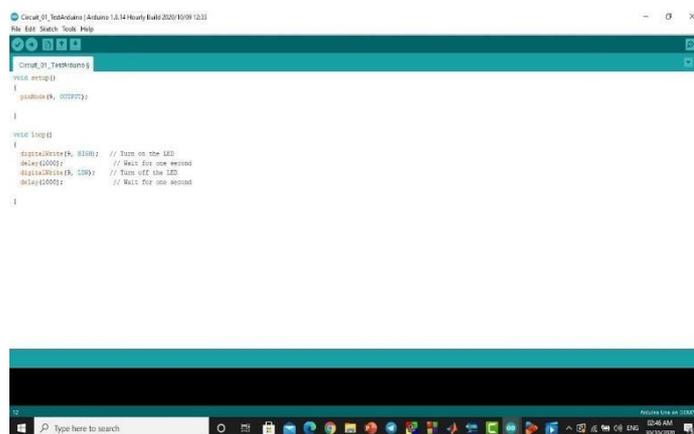
Cosphi nilai < 1



Gambar 2.13 Beban Kapasitif

2.8 Arduino IDE

IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan *source program*, kompilasi, *upload* hasil kompilasi dan uji coba secara terminal serial. IDE arduino dapat dilihat pada gambar.[12]



Gambar 2.14 Arduino IDE

2.9 Arduino Uno

Arduino adalah platform pembuat prototipe elektronik yang bersifat *open-source hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan.[4]



gambar 2.15 Arduino Uno

Umumnya Arduino memiliki 14 pin input dan output yang terdiri dari :

- a. IC (Mikrokontroler Atmega328)

IC merupakan otak dari papan Arduino berupa microprosesor yang di dalamnya terdapat CPU,ROM,RAM.

- b. ICSP (*In-Circuit Serial Programming*)

Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram *microcontroller* secara langsung tanpa melalui *bootloader*.

- c. 14pin Input dan Output Digital (0-13 pin)

14 pin ini berfungsi sebagai input maupun output, hal ini dapat diatur didalam program sesuai keinginan. Adapun pada pin 3,5,6,9,10, dan 11, dapat juga berfungsi sebagai analog output yang tegangan dapat diatur. Nilai pada pin output analog dapat diprogram antara 0-255, hal ini mewakili nilai tegangan 0-5 V.

d. 6 Pin Input Analog (0-5)

Pin ini berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan sensor analog, contohnya pada sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin dari 0-1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0-5 V.

e. Kristal (*Quartz Crystal Oscillator*)

Kristal merupakan jantung pada arduino karena menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada *microcontroller* agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

f. USB

Fungsi dari papan USB dan kabel USB adalah sebagai penghubung komunikasi serial dari computer ke dalam papan serta sebagai pemuat program dari komputer *software* ke dalam papan arduino.

g. Sumber Daya Ekternal (Port Adaptor)

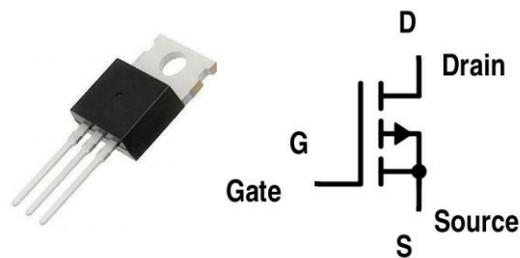
Port adaptor ini digunakan untuk menyuplai tegangan pada arduino berkisar antara 9-12 V.

h. *Reset Push Button*

Tombol reset digunakan untuk me-reset sehingga program akan dimulai dari awal, hal ini biasanya dilakukan karena program yang sedang berjalan mengalami *error* atau gagal sistem.[4]

2.9.1 Mosfet

Mosfet (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFEET tipe-P (PMOS). Bahan silicon digunakan sebagai landasan (*substrat*) dari penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah.



Gambar 2.16 MOSFET

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Wisata Sawah Pematang Johar, Kec Labuhan Deli Kab, Deli Serdang pada tanggal 9 Juli 2021.

3.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan sejak dimulainya proposal tugas akhir ini disetujui sampai dengan selesainya alat ini diselesaikan.

3.3 Alat dan Bahan

Untuk mendukung penelitian ini, diperlukan beberapa alat dan bahan yaitu sebagai berikut :

3.3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Toolkit elektronika
2. Laptop
3. Bor PCB
4. Gergaji Ukir
5. *Software Arduino*
6. *Software Proteus*
7. Solder
8. USB

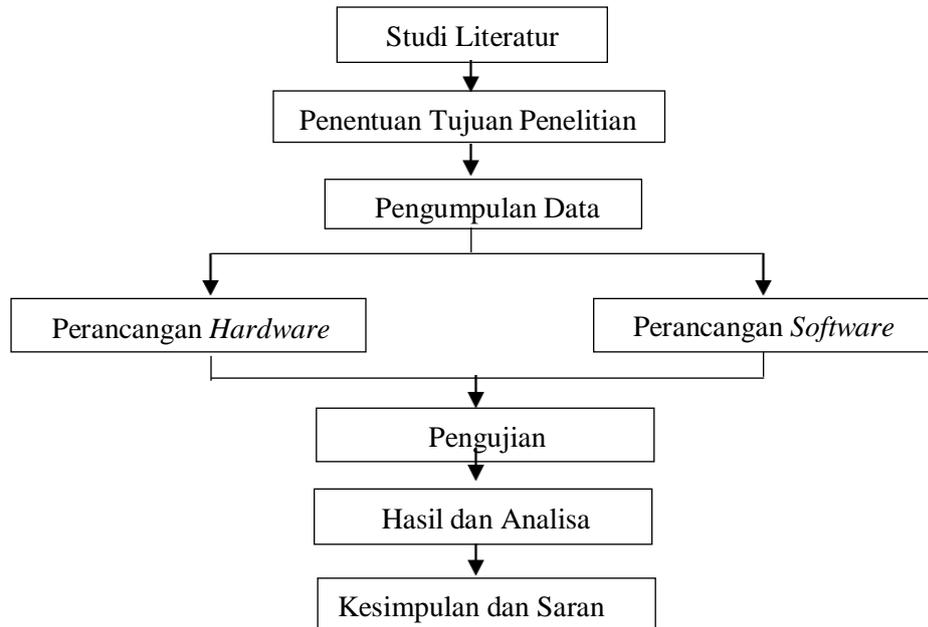
3.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Arduino Uno
2. Mosfet IRFZ44N
3. IC 7805
4. Heatsink
5. Dioda 1N4007
6. Papan PCB
7. Resistor
8. Kapasitor
9. Induktor
10. Terminal block

3.4 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah bagan yang menjelaskan serangkaian proses yang dilakukan dan disusun secara urut dari awal hingga akhir penelitian. Dengan alur penelitian, dapat ditentukan tujuan dan arah penelitian tugas akhir ini dilakukan. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan secara teratur dan sistematis untuk mencapai tujuan-tujuan penelitian. Adapun prosedur penelitian tersebut antara lain :

3.5.1 Pengumpulan Data

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 di inginkan seperti *software Arduino IDE, Proteuse dan Smart sine*.

3.5.2 Analisis Kebutuhan Alat dan Sistem

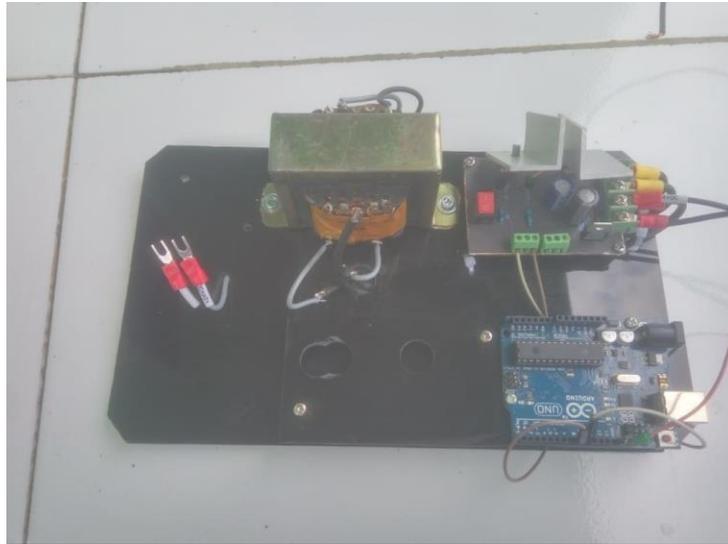
Analisis kebutuhan alat dan sistem adalah tahap menentukan alat-alat dan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam perancangan serta sistem yang akan dibangun. Kebutuhan sistem meliputi :

- a. Kebutuhan perangkat lunak (*software*), terdiri dari perangkat lunak sistem operasi dan program yang akan digunakan untuk memprogram pada kali ini menggunakan *software Smart sine* untuk mendapatkan indeks gelombang pulsa yang diinginkan setelah itu indeks tersebut akan digunakan pada *Software Arduino IDE* sebagai media perancang sistem *pulse darave circuit*. Sebelum di terapkan pada papan PCB rangkaian tersebut akan disimulasikan terlebih dahulu menggunakan *software Proteus 7* untuk mengetahui apakah rangkaiannya bekerja dengan baik untuk melihat hasil gelombang yang termodifikasi.
- b. Kebutuhan perangkat keras (*hardware*), pada kali ini digunakan Arduino Nano sebagai *pulse generator* yang berfungsi untuk melakukan modulasi gelombang yang termodifikasi, pada Arduino akan dilakukan pemrograman menggunakan berdasarkan indeks tertentu yang telah didapat melalui *software smart sine*. Setelah itu digunakan Mosfet sebagai saklar otomatis pada rangkaian ada beberapa komponen pendukung seperti

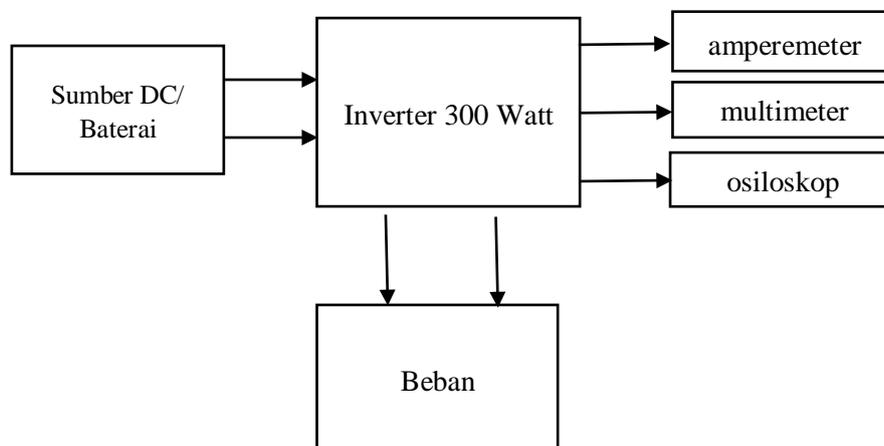
dioda, IC dan resistor. Komponen tersebut akan bekerja untuk mengubah tegangan DC menjadi AC. Setelah itu juga dilakukan perancangan rangkaian L-C *filter* yang terdiri dari induktor dan kapasitor yang bertujuan untuk menyempurnakan gelombang. Hal ini dilakukan agar gelombang yang dihasilkan oleh inverter lebih stabil dan tidak merusak komponen elektronika yang sensitif.

3.6 Perancangan Sistem

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.



Gambar 3.2 Inverter Modified Sine Wave



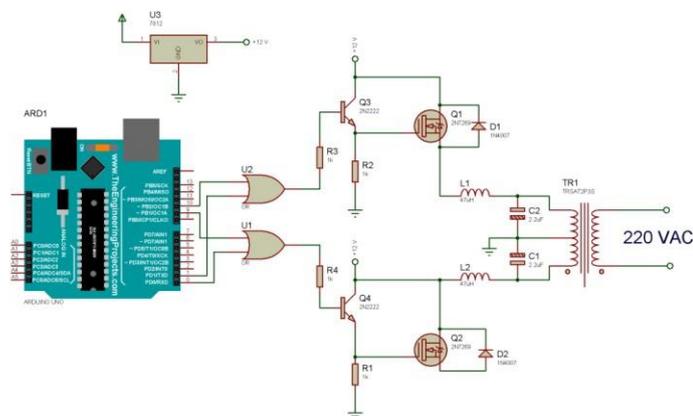
Gambar 3.3 Cara kerja Inverter

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.

3.7 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.



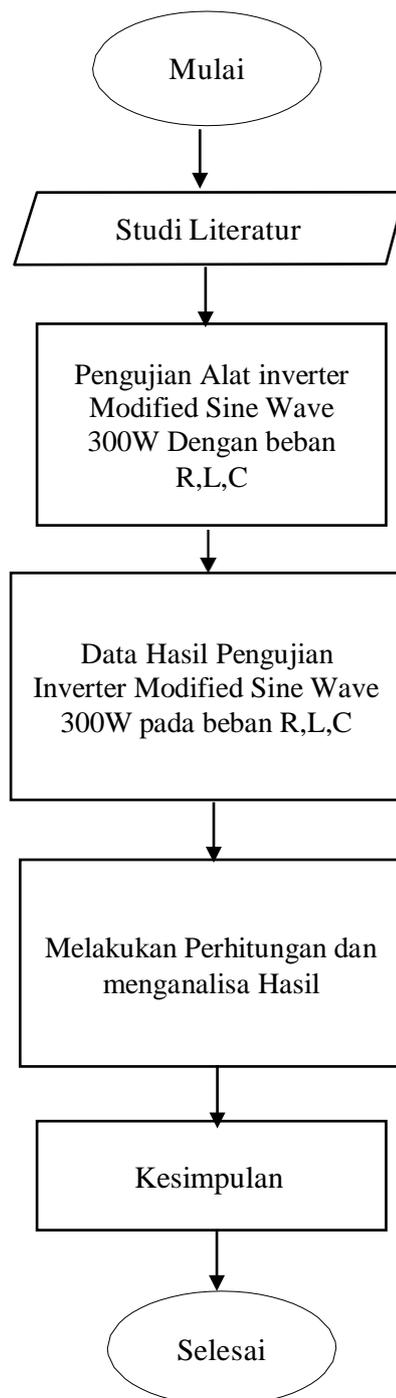
Gambar 3.4 Rancangan Keseluruhan Sistem

Pada gambar 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*).

3.8 Diagram Alir Penelitian (Flowchart)

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



Gambar 3.5 Diagram Flowchart

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

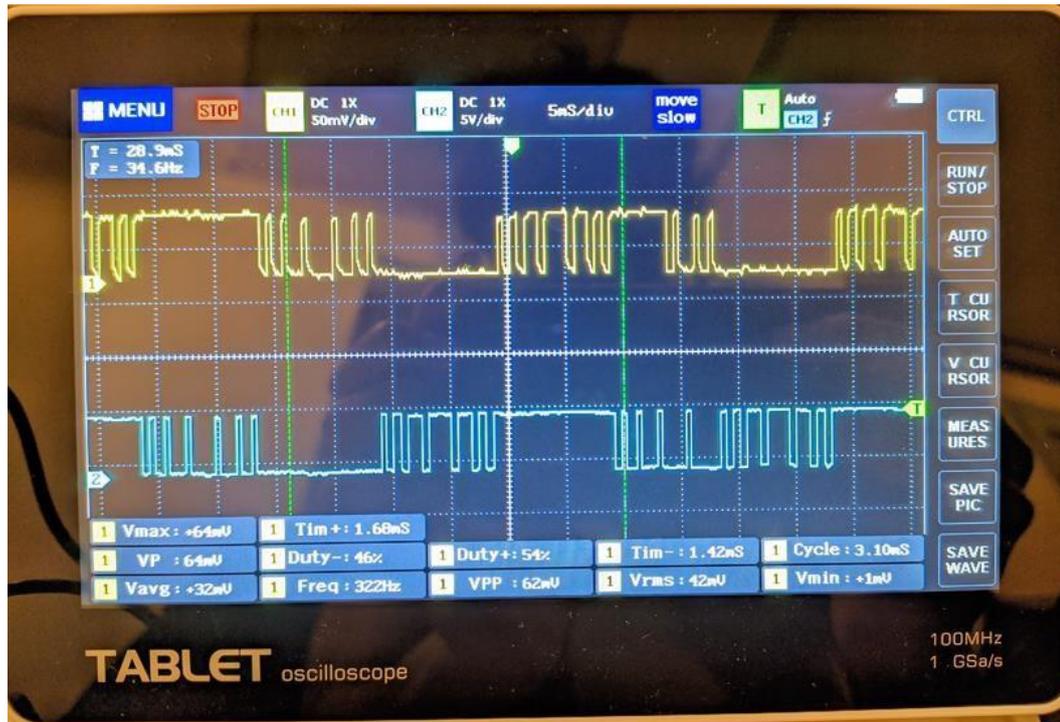
Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian dan hasil dari analisa alat yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang digunakan dapat bekerja dengan baik dan sesuai prinsip kerja yang diinginkan atau tidak. Adapun hasil perancangan Inverter MSW untuk PLTB dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

4.1 Hasil Gelombang

Dari hasil penelitian dan pengujian menggunakan osiloskop yang dilakukan di Wisata Sawah Pematang Johar, Kec Labuhan Deli Kab, Deli Serdang pada tanggal 9 Juli 2021

4.1.1 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).



Gambar 4.1 Gelombang PWM

Dengan data yang didapat sebagai berikut :

PWM setelah masuk ke transistor (Biru)

$$T/Div = 50 \text{ ms}$$

$$VOSC = 1$$

$$V/Div = 5 \text{ V}$$

$$TOSC = 0,8$$

PWM Arduino (Kuning)

$$T/Div = 20 \text{ ms}$$

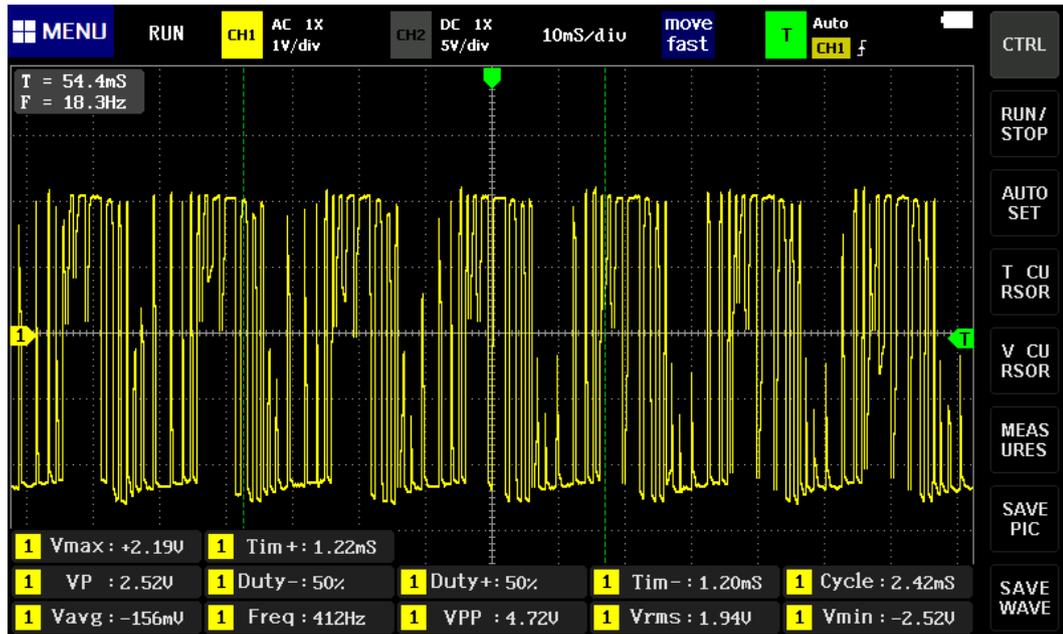
$$VOSC = 1,2$$

$$V/Div = 50 \text{ mV}$$

$$TOSC = 2$$

4.1.2 Gelombang dengan Beban dan Tanpa Beban

- Gelombang Tanpa Beban



Gambar 4.2 Gelombang Tanpa Beban

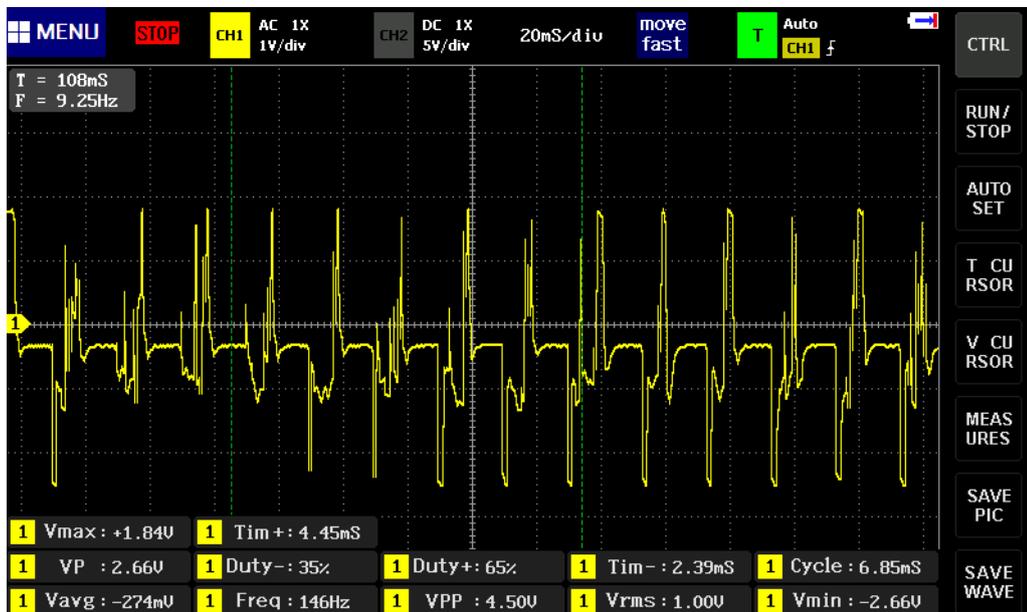
$$V/Div = 1V$$

$$VOSC = 4,8$$

$$T/Div = 10ms$$

$$TOSC = 0,8$$

- Gelombang Kipas 5 Watt



Gambar 4.3 Gelombang Kipas 5 Watt

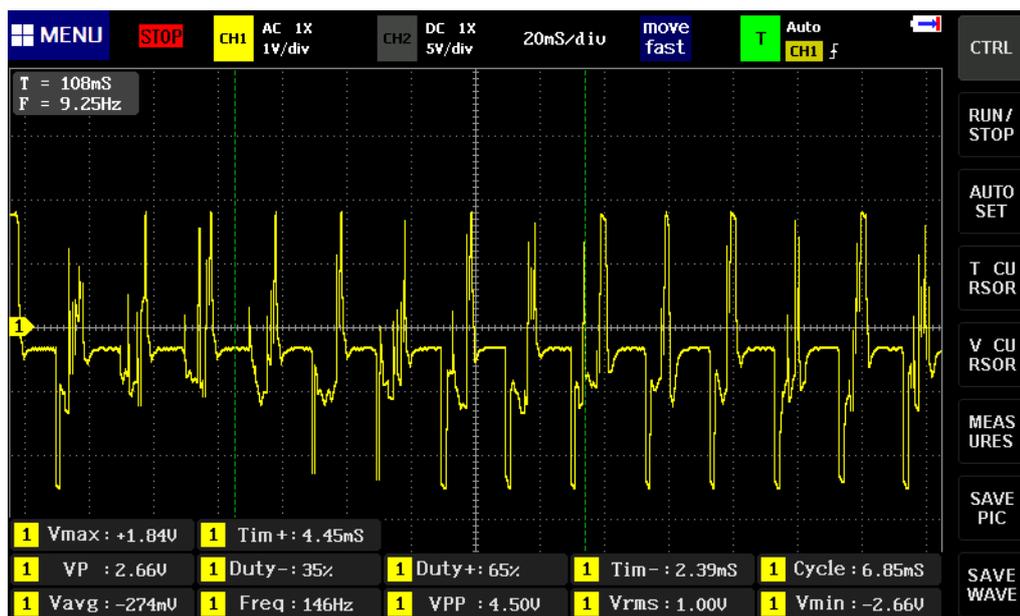
$$V/Div = 1V$$

$$VOSC = 4$$

$$T/Div = 20ms$$

$$TOSC = 1,6$$

- Gelombang Kipas 10 Watt

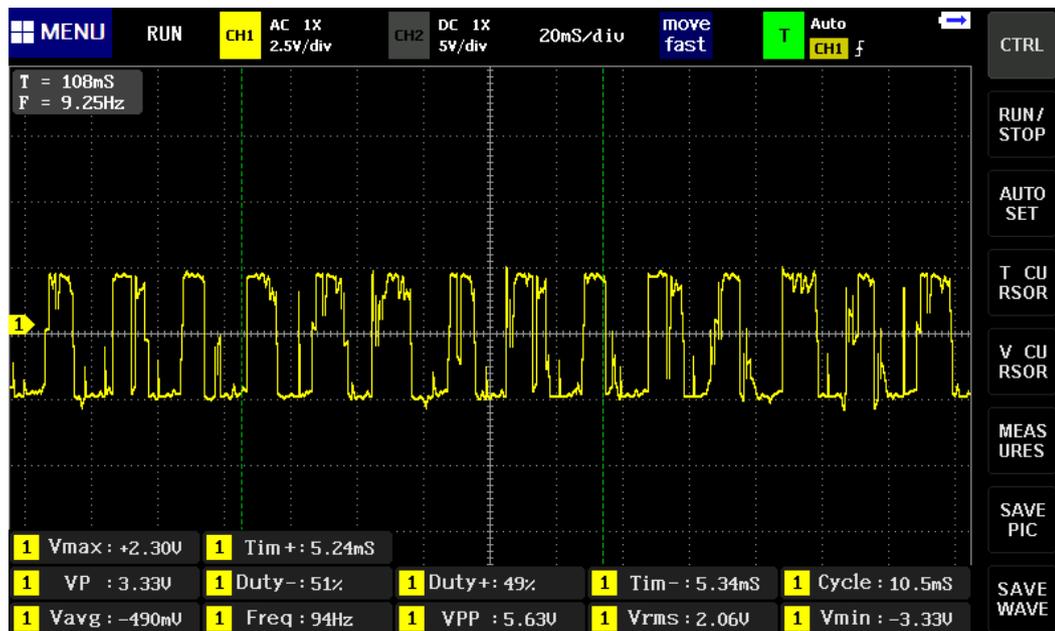


Gambar 4.4 Gelombang Kipas 10 Watt

$$T/Div = 20ms$$

$$TOSC = 1,6$$

- Gelombang Lampu 10 Watt



Gambar 4.5 Gelombang Lampu 10 Watt

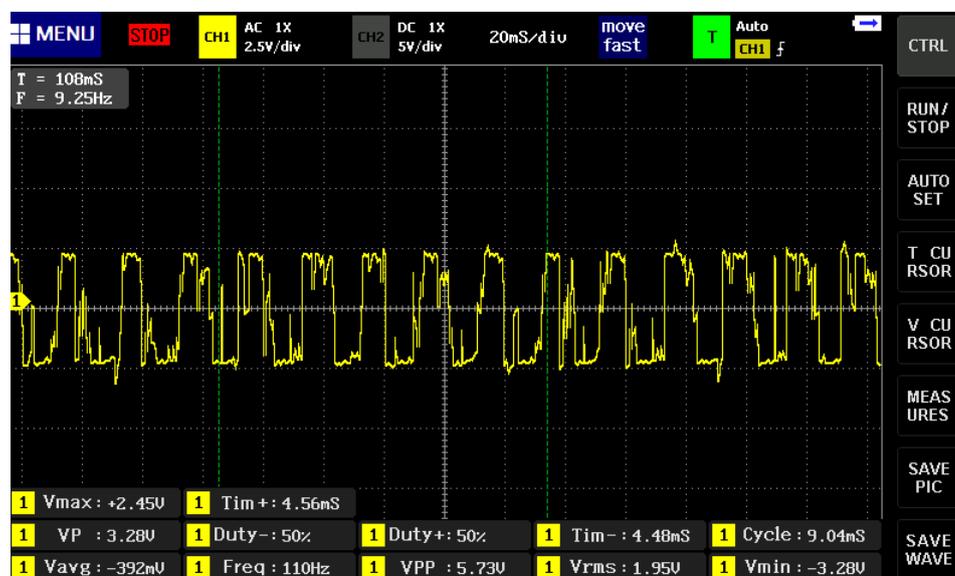
$$V/Div = 2,5V$$

$$VOSC = 4,4$$

$$T/Div = 20ms$$

$$TOSC = 4$$

- Gelombang Lampu 25 Watt

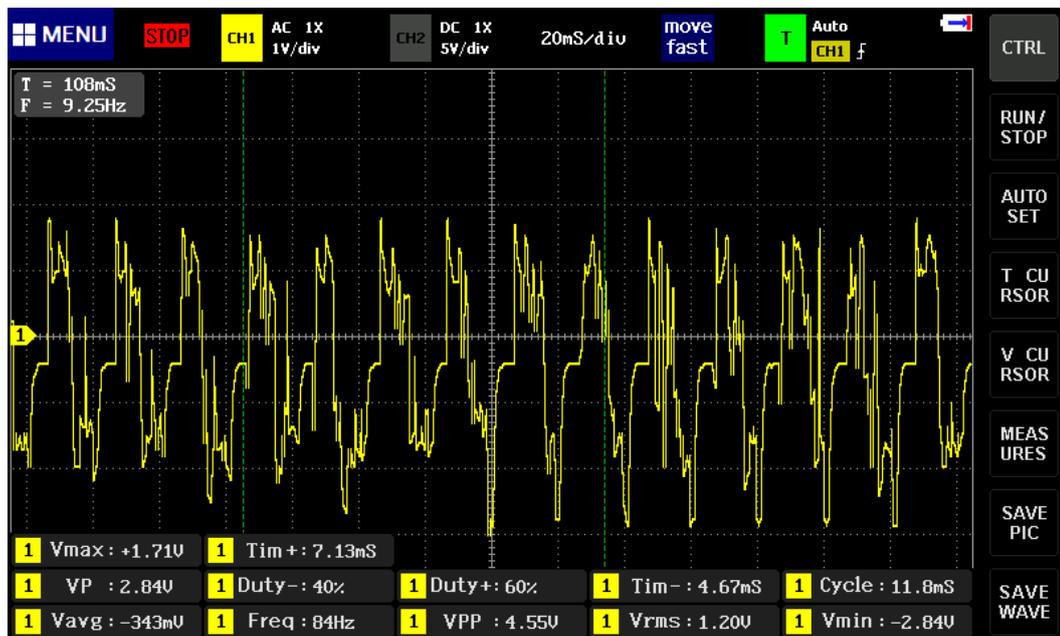


Gambar 4.6 Gelombang Lampu 25 Watt

$$V/\text{Div} = 2,5\text{V} \qquad \text{VOSC} = 2,8$$

$$T/\text{Div} = 20\text{ms} \qquad \text{TOSC} = 4$$

- **Gelombang Lampu 45 Watt**



Gambar 4.7 Gelombang Lampu 45 Watt

$$V/\text{Div} = 1\text{V} \qquad \text{VOSC} = 5$$

$$T/\text{Div} = 20\text{ms} \qquad \text{TOSC} = 2$$

4.1.3 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

1. Beban Induktif

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

Tabel 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**

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

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

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

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

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

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

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

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

$$= 220 \times 0,06$$

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

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

- **Kapasitas 300 Watt**

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

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

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

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

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

$$=12,5 \times 9,7$$

$$=121,25 \text{ Watt}$$

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

$$= 119 \times 0,6$$

$$= 71,4 \text{ Watt}$$

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

2. Beban Resistif

Perhitungan beban Resistif setelah melakukan penelitian menggunakan inverter 500 watt ialah :

Tabel pengujian Beban Resistif

Beban	V _{in}	V _{out}	I _{in}	I _{out}
Lampu 10 Watt	13,2V	220V	9,18A	0,06A
Lampu 25 Watt	13,4V	220V	9,5A	0,09A
Lampu 40 Watt	13,8V	219V	9,4A	0,14A

- **Kapasitas 10 Watt**

$$V_{in} = 13,2 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 9,18 \text{ Ampere}$$

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

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

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

$$= 13,2 \times 9,18$$

$$=121,17$$

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V_{out} \times I_{out} \\
 &= 220 \times 0,06 \\
 &= 13,2 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{13,2}{121,17} \times 100 = 10,89 \%$$

- **Kapasitas 25 Watt**

$$V_{in} = 13,4 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 9,5 \text{ Ampere}$$

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

$$I_{out} = 0,09 \text{ Ampere}$$

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

$$= 13,4 \times 9,5$$

$$= 127,3 \text{ Watt}$$

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

$$= 220 \times 0,09$$

$$= 19,8 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{19,8}{127,3} \times 100 = 15,5 \%$$

- **Kapasitas 40 Watt**

$$V_{in} = 13,8 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 9,4 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 219 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,14 \text{ Ampere}$$

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

$$= 13,8 \times 9,4$$

$$= 129,72 \text{ Watt}$$

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

$$= 219 \times 0,14$$

$$= 30,66 \text{ Watt}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{30,66}{129,72} \times 100 = 23,63 \%$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 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 %

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut ke tahap perancangan inverter gelombang sinusoidal. Agar dapat diaplikasikan pada kebutuhan rumah tangga
2. Rancang bangun peralatan diperlukan peralatan dan bahan yang lengkap agar didapatkan hasil yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] S. N. Mohammad Luqman¹, Eka Mandayatma², “STUDI KOMPARASI UNJUK KERJA,” *J. ELTEK*, vol. 17, no. 01, pp. 95–115, 2019.
- [3] I. S. Fasa, “Pengaruh bentuk gelombang sinus termodifikasi (modified sine wave) terhadap unjuk kerja motor induksi satu fasa.”
- [4] D. D. Yudhistira, M. D. Ramadhan, N. Augusta, and S. Agustini, “Pengenalan Mikrokontroler Arduino Uno,” pp. 1–7, 2015.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] J. Teknik *et al.*, “Desain dan analisis inverter satu fasa berbasis arduino menggunakan metode spwm 123,” vol. 13, pp. 128–135, 2019.
- [10] J. Desember and I. Syukron, “Pembuatan Inverter Untuk Air Conditioner,” vol. 5, no. 2, 2013.
- [11] 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.
- [12] N. Harun, D. Yunus, S. Pengajar, T. Elektro, and P. Negeri, “PENGATURAN TEGANGAN OUTPUT.”
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] B. Majhi, “Analysis of Single-Phase SPWM Inverter,” no. May, 2012.
- [16] J. Arifin, L. N. Zulita, and H. Hermawansyah, “Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino Mega 2560,” *J. Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 89–98, 2016, doi: 10.37676/jmi.v12i1.276.
- [17] 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.

LAMPIRAN



