

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN DAYA INPUT DAN OUTPUT PADA INVERTER MODIFIED SINE WAVE (MSW) & PURE SINE WAVE (PSW) DENGAN BERBAGAI VARIASI JENIS BEBAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RAIHAN BAGASTIRA
1807220048



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Raihan Bagastira
NPM : 1807220048
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Daya Input dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (MSW) & Pure Sine Wave (PSW) Dengan Berbagai Variasi Jenis Beban.
Bidang Ilmu : Energi Baru dan Terbarukan

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, 7 Oktober 2022

Mengetahui dan Menyetujui :

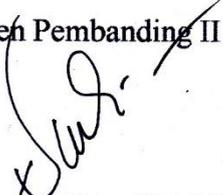
Dosen Pembimbing


Partaon Harahap, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing I


Rimbawati, S.F.,M.T

Dosen Pembimbing II


Noorly Evalina, S.T.,M.T

Program Studi Teknik Elektro



Ketua,
Pai Saiful Hasan Sasaribu, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Raihan Bagastira
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 17 November 2000
NPM : 1807220048
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul : **“Analisis Perbandingan Daya Input Dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (Msw) & Pure Sine Wave (Psw) Dengan Berbagai Variasi Jenis Beban”**

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

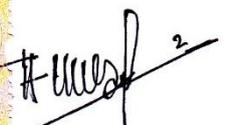
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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, 7 Oktober 2022

Yang menyatakan




Raihan Bagastira

ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan energi listrik di rumah-rumah mengakibatkan penggunaan bahan bakar sudah sangat menipis, untuk mengatasi masalah ini harus adanya penghematan energi listrik dengan menggunakan inverter. Inverter adalah dapat mengkonversi besaran listrik *DC* (searah) 12V menjadi besaran listrik *AC* (bolak-balik) 220V 50Hz. Penilaian inverter yang terbaik dan mempunyai efisiensi daya input dan output terhadap variasi jenis beban dapat dilihat dari keluaran gelombang yang dihasilkan. Untuk beban resistif memiliki rata-rata efisiensi pada inverter modified sine wave sebesar 38,7% pada inverter pure sine wave memiliki rata-rata 45,4% dan pada beban induktif pada inverter modified sine wave sebesar 32,8 % untuk inverter pure sine wave sebesar 81,1 % serta dengan beban kapasitif pada inverter modified sine wave sebesar 5,3% dan pada inverter pure sine wave sebesar 62,8 %. Pada penelitian ini bahwa inverter modified sine wave memiliki efisiensi lebih rendah daripada inverter pure sine wave yang memiliki efisiensi yang tinggi terlihat pada beban kapasitif.

Kata Kunci : Inverter MSW dan PSW, Efisiensi, Daya masukan dan keluaran.

ABSTRACT

The increasing use of electrical energy in homes has resulted in the use of fuel being very depleted, to overcome this problem there must be savings in electrical energy by using an inverter. The inverter is able to convert 12V DC (unidirectional) electricity into 220V 50Hz AC (alternating) electricity. The evaluation of the best inverter and having input and output power efficiency for various types of loads can be seen from the wave output generated. For resistive loads, the average efficiency of the modified sine wave inverter is 38,7%, the pure sine wave inverter has an average of 45,4 % and the inductive load on the modified sine wave inverter is 32,8 % for the pure sine wave inverter it is 81,15 % and the capacitive load on the modified sine wave inverter is 5.3% and the pure sine wave inverter is 62,8 %. In this study, the modified sine wave inverter has a lower efficiency than the pure sine wave inverter which has a high efficiency seen in capacitive loads.

Keyword : *MSW and PSW inverters, Efficiency, Input and output power.*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Perbandingan Daya Input dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (MSW) & Pure Sine Wave (PSW) Dengan Berbagai Variasi Jenis Beban” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua saya yang telah mendukung saya dalam keadaan apapun untuk menuliskan studi tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M,T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Partaonan Harahap, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2018.

Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran

berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektroan.

Medan, 7 Oktober 2022

RAIHAN BAGASTIRA

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Ruang Lingkup	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematis Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Relevan.....	4
2.2. Landasan Teori	5
2.2.1. Daya Listrik.....	5
2.2.2. Jenis-jenis Daya Listrik.....	5
2.3. Baterai	7
2.3.1. Kontruksi Baterai.....	7
2.3.2. Kapasitas Baterai	8
2.4. Inverter	9
2.4.1. Komponen-Komponen Inverter	10
2.4.2. Inverter 1 Fasa	11
2.4.3. Full-Bridge Converter Theory.....	12
2.4.4. <i>Pulse Width Modulation</i>	13
2.4.5. <i>Sinusoidal Pulse Width Modulation</i>	14
2.4.6. Inverter Modified Sine Wave	15
2.4.7. Inverter Pure Sine Wave	15
2.4.8. Prinsip Kerja Inverter.....	16
2.5. Beban	17
2.5.1. Resistif	17
2.5.2. Induktif.....	18

2.5.3. Kapasitif	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	22
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1. Alat Penelitian	22
3.2.2. Bahan Penelitian	23
3.3. Variabel Penelitian.....	23
3.4. Prosedur Penelitian	23
3.5. Perancangan Sistem	24
3.5.1. Perbandingan Arus, Tegangan, dan Daya	25
3.5.2. Pengukuran Tegangan Inverter MSW dan PSW	26
3.6. Flow Chart.....	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1. Hasil pengujian Inverter	28
4.2. Analisa Efisiensi Inverter Modified Sine Wave dan Pure Sine Wave Pada Variasi Jenis Beban.....	29
4.2.1. Perhitungan Beban Resistif	29
4.2.2. Perhitungan Beban Induktif	36
4.2.3. Perhitungan Beban Kapasitif.....	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Kesimpulan.....	42
5.2. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	45
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Baterai(Portafolio, n.d.)	7
Gambar 2. 2 Kontruksi Baterai(R. Hidayat, 2020).....	8
Gambar 2. 3 Rangkaian Inverter DC ke AC	10
Gambar 2. 4 Rangkaian 1 Fasa Setengah Gelombang.....	12
Gambar 2. 5 Rangkaian 1 Fasa Gelombang Penuh	12
Gambar 2. 6 Gambar Rangkaian Full Bridge Converter.	13
Gambar 2. 7 Sinyal PWM.	13
Gambar 2. 8 Sinyal SPWM(Kujala, 2020).....	14
Gambar 2. 9 Inverter Modified Sine Wave(Home et al., n.d.).....	15
Gambar 2. 10 Inverter Pure Sine Wave(Sinewave, n.d.).	15
Gambar 2. 11 Prinsip Kerja Inverter(Dickson Kho, 2021).	16
Gambar 2. 12 Beban Resistif.....	17
Gambar 2. 13 Beban Induktif.....	18
Gambar 2. 14 Beban Kapasitif	19
Gambar 3. 1 Blok Diagram.....	24
Gambar 3. 2 Rangkaian Percobaan.....	24
Gambar 3. 3 Flow Chart.....	27
Gambar 4. 1 Grafik Efisiensi Beban Resistif	35
Gambar 4. 2 Grafik Efisiensi Beban Induktif.....	39
Gambar 4. 3 Grafik Efisiensi Beban Kapasitif.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat Penelitian.....	22
Tabel 2. Bahan Penelitian.....	23
Tabel 3 Spesifikasi Inverter Modified Sine Wave.....	25
Tabel 4 Spesifikasi Inverter Pure Sine Wave.....	25
Tabel 5 Perbandingan Inverter MSW dan PSW.....	25
Tabel 6 Hasil Pengujian Inverter Modified Sine Wave.....	28
Tabel 7 Hasil Pengujian Inverter Pure Sine Wave.....	28
Tabel 8 Hasil Pengujian Inverter Modified Sine Wave Dengan Variasi Jenis Beban	28
Tabel 9 Hasil Pengujian Inverter Pure Sine Wave Dengan Variasi Jenis Beban..	29
Tabel 10 Analisis hasil perhitungan nilai Efisiensi dari beban Resistif pada inverter MSW dan PSW.....	35
Tabel 11 Analisis hasil perhitungan nilai Efisiensi dari beban Induktif pada inverter MSW dan PSW.....	38
Tabel 12 Analisis hasil perhitungan nilai Efisiensi dari beban Kapasitif pada inverter MSW dan PSW.....	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik adalah hal terpenting untuk kebutuhan sehari-hari manusia, dan sekarang ini sudah banyak peneliti yang mencari solusi untuk tidak menggunakan bahan bakar, maka dari itu pemanfaatan energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan seperti, tenaga surya, tenaga angin, arus air, proses biologis, dan panas bumi dapat dikonversi menjadi energi listrik. Hasil dari konversi tersebut masih berupa sumber tegangan DC (searah), untuk dapat dimanfaatkan harus dikonversi menjadi sumber tegangan AC (bolak-balik).

Saat ini di seluruh dunia penggunaan inverter sebagai peralatan elektronika daya cukup luas, karena dapat mengkonversi besaran listrik DC (searah) menjadi besaran listrik AC (bolak-balik). Keluaran inverter dapat berupa gelombang sinus, gelombang kotak, dan gelombang sinus modifikasi, untuk sekarang ini masih menggunakan inverter konvensional yang memiliki efisiensi yang rendah dan bentuk belum mendekati gelombang sinusoidal. Inverter sangat dibutuhkan sebagai cadangan listrik pada saat penggunaan listrik dirumah padam.

Pada era yang modern saat ini, pabrik-pabrik atau industri di seluruh dunia banyak menggunakan peralatan elektronik yang sangat sensitif terhadap harmonisa, maka dari itu inverter adalah solusi untuk mendapatkan sumber daya terutama di bidang energi terbarukan. Salah satu komponen yang banyak diketahui untuk mengubah tegangan DC 12 V menjadi tegangan AC 220 V 50Hz adalah inverter.

Dalam penggunaan inverter ini dapat di pergunakan pada perangkat elektronik yang ada dirumah tangga seperti, komputer/laptop, kulkas, televisi, kipas angin, dan barang elektronik lainnya. Alat ini banyak digunakan pada sumber energi DC yang dihasilkan oleh panel surya. Inverter yang terbaik adalah yang mampu menghasilkan daya input dan output serta efisiensi daya pada variasi jenis beban.

Berdasarkan uraian diatas penulis mengangkat judul “Analisis Perbandingan Daya Input dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (MSW) & Pure Sine Wave (PSW) Dengan Berbagai Variasi Jenis Beban” sebagai acuan untuk melihat hasil yang terbaik terhadap inverter.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu :

1. Bagaimana cara mendapatkan output tenaga listrik gelombang sinyal murni dari input daya DC secara bertahap?
2. Bagaimana pengaruh keadaan inverter pada saat berbeban dan tidak berbeban?
3. Seberapa besar efisiensi daya antara inverter MSW dan PSW dengan berbagai jenis variasi beban?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari “Analisis Perbandingan Daya Input dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (MSW) & Pure Sine Wave (PSW) Dengan Berbagai Variasi Jenis Beban” yaitu :

1. Menganalisa untuk mengetahui output tenaga listrik yang terbaik dari input daya DC.
2. Menganalisa besar efisiensi daya pada inverter MSW dan PSW dengan menggunakan variasi jenis beban.

1.4. Ruang Lingkup

Agar penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud dan tujuan, maka ditetapkan ruang lingkup dalam penelitian sebagai berikut :

1. Membahas tentang perbandingan daya input dan output terhadap inverter *modified sine wave* dan inverter *pure sine wave*.
2. Membahas tentang cara mengetahui tegangan serta input dan output pada inverter *modified sine wave* dan inverter *pure sine wave*.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diambil dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Memberikan manfaat terhadap mahasiswa dengan mengetahui perbandingan daya inpt dan output pada inverter MSW dan PSW serta mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dalam perkuliahan tentang inverter.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan tentang cara kerja inverter MSW dan PSW.

3. Sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan daya input dan output terhadap inverter dengan berbagai variasi jenis beban.

1.6. Sistematis Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian

BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Relevan

Berdasarkan kajian pustaka sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang inverter *modified sine wave* dan inverter *pure sine wave* dengan menggunakan jenis beban yang berbeda dan sudah dipublikasikan baik secara nasional maupun internasional diantaranya:

Penelitian ini menyajikan perbandingan antara menggunakan inverter PSW dan SQW melalui inverter jembatan-H yang sama dalam sistem WPT induktif. Hasilnya menunjukkan bahwa SQW efisiensi inverter lebih tinggi dibandingkan dengan inverter PSW termasuk tegangan keluaran dan arus sistem WPT kedua inverter tidak berbeda nyata. Selain itu, kerugian inverter lebih rendah dari sistem WPT kerugian. Selain itu, efisiensi sistem WPT menggunakan inverter SQW tidak berbeda nyata dengan penggunaan inverter PSW (Namin et al., 2018).

Penelitian ini membahas tentang kinerja sistem PLTS atap terhubung grid untuk rumah tangga selama pandemi Covid-19. Hasil penelitian menunjukkan bahwa roof off grid yang dirancang memiliki tegangan dan arus rata-rata pada hari pertama sebesar 13 Volt dan arus sebesar 1,8A, dan pada hari kedua, 12,4 Volt dan arus 1,6 A, sedangkan pada hari ketiga, 12,8 Volt dan arus 1,8 A. Jika penggunaan 1 baterai menanggung beban 450 Watt selama 2,7 jam, kemudian untuk pengguna kurang dari 5 jam, kapasitas solar charger controller adalah 12,12A (Harahap et al., 2021).

Penelitian ini membahas tentang penggunaan inverter 3G3MX2 untuk merubah kecepatan putar motor induksi 3 Phasa. Berdasarkan hasil penelitian bahwa ketika tegangan dinaikkan maka frekuensi akan semakin besar dan putaran akan semakin cepat. Bila frekuensi diubah lebih besar maka daya yang terukur juga akan semakin besar dan putaran yang dihasilkan akan semakin cepat (Evalina & Arfis, 2019).

Penelitian ini melakukan Implementasi inverter Pure Sine Wave untuk pemanfaatan energi surya. Berdasarkan permasalahan kebutuhan energi listrik peneliti melakukan implementasi inverter pure sine wave yang dapat mengkonversi tegangan DC ke tegangan AC sebagai bentuk pemanfaatan energi baru dan

terbarukan yang dapat digunakan untuk menjaga ketersediaan listrik. Hasil penelitian menunjukkan inverter mampu membangkitkan gelombang pure sine wave dengan frekuensi 50 Hz dan tegangan 220 Volt (Prasetya, 2021).

Penelitian ini membahas tentang inverter gelombang sinus termodifikasi tiga tingkat yang dilengkapi dengan sistem pemantauan suhu online. Hasil penelitian membahas konfigurasi rangkaian netral gelombang sinus termodifikasi tiga tingkat, titik korsleting power inverter yang berfungsi mengubah daya DC menjadi daya AC dengan jumlah sakelar daya yang lebih sedikit. Untuk meningkatkan kinerja, inverter dilengkapi dengan suhu online pemantauan, dan perlindungan *overheat* berbasis *internet of things*. Menambahkan sistem pemantauan suhu online memudahkan dalam pemantauan sirkuit untuk mencegah kesalahan inverter yang berlebihan. Beberapa yang berbasis komputer data ditampilkan dan didiskusikan. Selanjutnya, hasil percobaan dari prototipe inverter, dan sistem pemantauan online-nya disajikan. Uji output menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan bekerja dengan baik menghasilkan tegangan gelombang sinus termodifikasi tiga tingkat, dengan suhu online sistem pemantauan (Suroso et al., 2020).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Daya Listrik

Besarnya energi listrik yang diserap dalam sebuah rangkaian memindahkan muatan per satuan waktu atau jumlah energi listrik yang dipakai setiap detik. Bisa juga didefinisikan sebagai laju aliran energi. Sumber energi seperti tegangan listrik dapat menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang tersambung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Waatt, maka dapat diperoleh rumus daya listrik sebagai berikut.

Daya pada suatu sistem tegangan bolak-balik (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif, daya reaktif, daya semu.

2.2.2. Jenis-jenis Daya Listrik

1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah W (Watt) dan dapat diukur dengan menggunakan alat ukur

listrik Wattmeter. Daya Aktif pada beban yang bersifat resistansi (R), dimana tidak mengandung induktor grafik gelombang *tegangan* (V) dan arus se fasa, sehingga besar daya sebagai perkalian tegangan dan arus menghasilkan dua gelombang yang keduanya bernilai positif besarnya daya aktif adalah P. Daya aktif pada beban impedansi (Z), beban impedansi pada suatu rangkaian disebabkan oleh beban yang bersifat *resistansi* (R) dan induktansi (L). Maka gelombang mendahului gelombang arus sebesar φ . Perkalian gelombang tegangan dan gelombang arus menghasilkan dua puncak positif yang besar dan dua puncak negatif yang kecil. Pergeseran sudut fasa bergantung seberapa besar nilai dari komponen induktornya (Daryanto, 2013).

Persamaan daya aktif (P) pada beban yang bersifat impedansi :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

P = Daya Aktif

V = Tegangan

I = Arus Listrik

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif. Satuan daya reaktif adalah VAR (Volt.Amper Reaktif). Untuk menghemat daya reaktif dapat dilakukan dengan memasang kapasitor pada rangkaian yang memiliki beban bersifat *induktif* (Daryanto, 2013).

Persamaan daya reaktif yaitu:

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

Q = Daya Reaktif

V = Tegangan

I = Arus Listrik

$\sin \varphi$ = Faktor Daya

3. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik. Daya nyata merupakan daya yang diberikan oleh PLN kepada konsumen. Satuan daya nyata adalah VA (Volt.Ampere). Beban yang bersifat daya semu adalah beban yang bersifat resistansi (R)(Daryanto, 2013). Berikut ini persamaan daya semu :

$$S = V \times I \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

S = Daya Semu

V = Tegangan

I = Arus Listrik

2.3. Baterai

Baterai atau aki, atau bisa juga accu adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel, adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel.

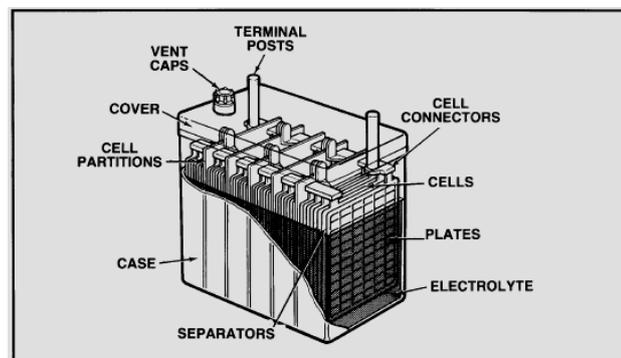


Gambar 2. 1 Baterai(Portafolio, n.d.)

2.3.1. Kontruksi Baterai

Didalam baterai mobil terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat tersebut dibuat dari timah atau berasal dari timah. Karena itu baterai tipe ini sering disebut baterai timah, Ruangan didalamnya

dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel, untuk baterai mobil) dan didalam masing masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam didalam elektrolit. Pada mobil banyak terdapat komponen-komponen kelistrikan yang digerakkan oleh tenaga listrik. Diwaktu mesin mobil hidup komponen kelistrikan tersebut dapat digerakkan oleh tenaga listrik yang berasal dari alternator dan baterai (aki), akan tetapi pada saat mesin mobil sudah mati, tenaga listrik yang berasal dari alternator sudah tidak digunakan lagi, dan hanya berasal dari baterai saja. Contoh bentuk pemakaian energi listrik saat mesin mobil dalam kondisi off (mati) adalah pada lampu parkir, lampu ruangan, indikator pada ruangan kemudi, peralatan audio (tape recorder), peralatan pengaman dan lain-lain.



Gambar 2. 2 Kontruksi Baterai(R. Hidayat, 2020)

2.3.2. Kapasitas Baterai

Jumlah tenaga listrik yang disimpan 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 kosong (habis). Kapasitas baterai tersebut juga dapat menjadi kosong setelah 2 jam jika arus pemakaian hanya 30 ampere. 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 baterai, dan sebaliknya, semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama pula baterai mengalami pengosongan.

Besarnya kapasitas baterai sangat ditentukan oleh luas permukaan plat atau banyaknya plat baterai. Jadi dengan bertambahnya luas plat atau dengan bertambahnya jumlah plat baterai maka kapasitas baterai juga akan bertambah.

Sedangkan tegangan accu ditentukan oleh jumlah daripada sel baterai, dimana satu sel baterai biasanya dapat menghasilkan tegangan kira kira 2 sampai 2,1 volt. Tegangan listrik yang terbentuk sama dengan jumlah tegangan listrik tiap-tiap sel. Jika baterai mempunyai enam sel, maka tegangan baterai standar tersebut adalah 12 Volt sampai 12,6 volt. Biasanya setiap sel baterai ditandai dengan adanya satu lubang pada kotak accu bagian atas untuk mengisi elektrolit aki(R. Hidayat, 2020).

2.4. Inverter

Inverter merupakan salah satu alat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensi yang dapat diatur. Output suatu inverter berupa tegangan AC dengan bentuk berupa gelombang kotak (*square wave*), gelombang sinus modifikasi (*sine wave modified*), gelombang sinusoidal (*pure sine wave*). Inverter menerima sumber tegangan DC sebagai tegangan masukan yang dapat diperoleh dari akumulator (aki), tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain, dengan proses penyaklaran dari komponen semikonduktor yang ada pada rangkaian inverter. Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), inverter diperlukan untuk menyediakan sumber arus AC untuk perangkat listrik seperti lampu, televisi, pompa air, dan lain sebagainya.

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor dan MOSFET yang beroperasi sebagai saklar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa(Hutagalung & Panjaitan, 2017).

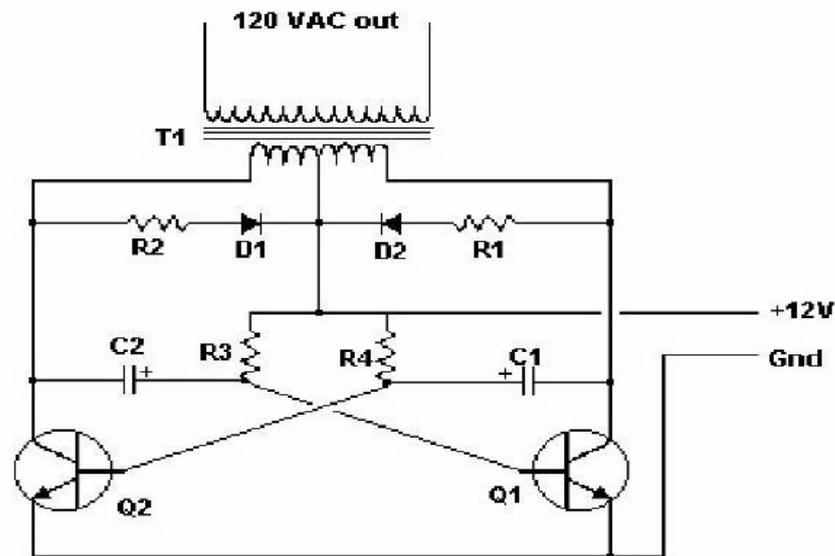
Ada beberapa jenis inverter yang dibagi berdasarkan kriterianya, antara lain adalah :

- a. Berdasarkan jumlah fasanya: yaitu inverter satu-fasa dan banyak-fasa, misalnya tiga-fasa yang selama ini merupakan jenis inverter yang digunakan untuk menginterkoneksi keluarannya ke jala-jala sistem tenaga listrik (grid).
- b. Berdasarkan sumber masukan DC-nya: yaitu inverter sumber tegangan (VSI – Voltage Source Inverter), dan inverter sumber arus (CSI – Current Source Inverter).

- c. Berdasarkan metode bentuk sinyal pengaturannya: yaitu gelombang persegi, pulse amplitudo modulation (PAM) dan pulse width modulation (PWM).
- d. Berdasarkan bentuk gelombang keluarannya: yaitu gelombang persegi, persegi berundak dan sinusoidal (Alifia, 2021).

Inverter juga dapat dibedakan dengan cara pengaturan tegangan-nya, yaitu :

- Voltage Fed Inverter (VFI) yaitu inverter dengan tegangan input yang diatur konstan
- Current Fed Inverter (CFI) yaitu inverter dengan arus input yang diatur konstan
- Variable dc linked inverter yaitu inverter dengan tegangan input yang dapat diatur.



Gambar 2. 3 Rangkaian Inverter DC ke AC

2.4.1. Komponen-Komponen Inverter

Pada rangkaian inverter, kita dapat melakukan segala kebutuhan pengaturan. Mulai dari ampere, frekuensi, kecepatan, torsi dan lainnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa jika kita menggunakan inverter, tegangan yang dihasilkan dapat diatur sesuai kebutuhan dan akan tetap stabil.

1. Baterai

Baterai sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Pada inverter, baterai berfungsi sebagai sumber tegangan arus searah (DC). Arus searah ini nantinya akan berakhir di motor listrik

2. Komparator

Secara umum, komparator berfungsi sebagai pembanding antara dua nilai kemudian memberikan hasil dari perbandingan tersebut dan komparator pada inverter ini memiliki fungsi yaitu untuk membandingkan *triangular waves* (*carrier waves*) dan *sine waves* (*modulating waves*). Apabila nilai sine waves lebih besar dibandingkan dengan nilai – nilai triangle waves, maka nilainya 1. Begitu pula sebaliknya.

3. Mosfet

Mosfet pada inverter memiliki peran sebagai komponen pengubah arus listrik yang mana awalnya DC menjadi AC. Saat sumber daya listrik masuk ke fuse/sekring selanjutnya akan dialirkan ke mosfet dengan tegangan rendah yang berurut. Setelah itu, mosfet merubah alirannya menjadi AC dan dialirkan ke Trafo guna menurunkan tegangan listriknya.

4. Trafo Step-UP

Fungsi trafo yaitu untuk menurunkan tegangan listrik dengan tipe AC yang dialirkan dari mosfet. Setelah fungsinya dijalankan dan menghasilkan arus AC, maka ia akan mengalirkannya ke dioda.

5. Dioda

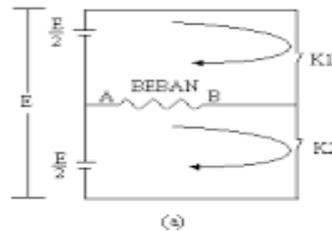
Dioda pada inverter berguna untuk menyerahkan kembali arus listrik AC dan diteruskan ke kapasitor. Nantinya, kapasitor sendiri yang akan mendukung ketika ada daya kejut kemudian kapasitor pun akan men-supplynya. Arus listrik AC dan kapasitor juga akan diterima ke mosfet tegangan tinggi untuk berubah kembali arus AC. Arus listrik AC ini merupakan arus listrik yang dikontrol drive atau sebuah regulator gelombang. Setelah arus listrik AC melalui semua komponen, maka akan keluar daya yang sesuai dengan jenis inverter yang digunakan.

2.4.2. Inverter 1 Fasa

Inverter satu fasa yang biasa digunakan di industry maupun rumah tangga dibagi atas 2 bagian jika dilihat berdasarkan gelombang output dari inverter tersebut yaitu:

1. Inverter 1 Fasa Setengah Gelombang

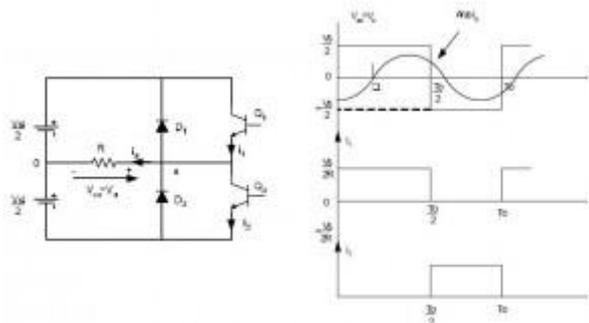
Inverter satu fasa setengah gelombang akan dijelaskan melalui gambar dibawah ini. Saklar K1 dan K2, ON-OFF secara bergantian. Pada saat saklar K1 dalam keadaan ON, arus mengalir dari E/2 (+) ke saklar K2, ke beban B-A, ke E/2 (-), sedangkan K2 dalam keadaan terbuka (Ketenagalistrikan & Energi Terbarukan, 2020)



Gambar 2. 4 Rangkaian 1 Fasa Setengah Gelombang.

2. Inverter 1 Fasa Gelombang Penuh

Rangkaian dasar inverter gelombang penuh dan bentuk gelombang output dengan beban resistif ditunjukkan pada gambar diatas. Ketika transistor Q1 dan Q2 bekerja (ON), tegangan V_s akan mengalir ke beban tetapi Q3 dan Q4 tidak bekerja (OFF). Selanjutnya, transistor Q3 dan Q4 bekerja (ON) sedangkan Q1 dan Q2 tidak bekerja (OFF), maka pada beban akan timbul tegangan $-V_s$ (Battery, 2019).



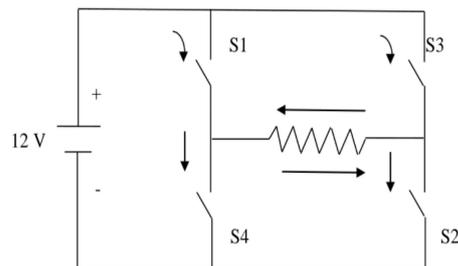
Gambar 2. 5 Rangkaian 1 Fasa Gelombang Penuh

2.4.3. Full-Bridge Converter Theory

Full bridge converter adalah rangkaian teori dasar yang digunakan untuk mengubah DC ke AC. Full bridge converter mempunyai pasangan saklar (S1,S2) dan (S3,S4). Keluaran AC didapatkan dari masukan DC dengan membuka dan menutup saklar-saklar pada urutan yang tepat. Tegangan keluaran V_o bisa berupa $+V_{dc}$, $-V_{dc}$, atau nol, tergantung pada saklar yang mana tertutup.

Rangkaian ekivalen kombinasi saklar full bridge converter, sebagai catatan bahwa

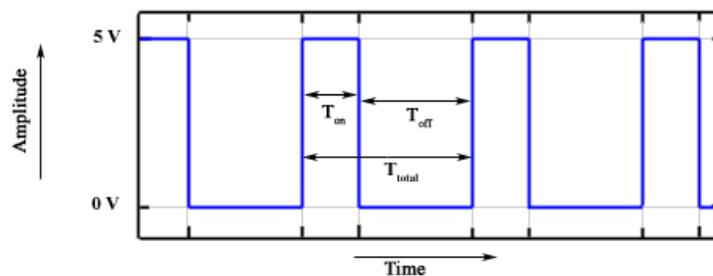
S1 dan S4 tidak boleh menutup pada saat yang bersamaan, begitu juga dengan S2 dan S3, yang akan menyebabkan terjadinya short circuit pada sumber DC. Saklar yang nyata tidak bisa on atau off secara seketika. Tegangan keluaran dari kondisi pasangan saklar pada rangkaian full bridge converter (Fadhli MR, 2010).



Gambar 2. 6 Gambar Rangkaian Full Bridge Converter.

2.4.4. Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) adalah cara yang dipakai untuk memanipulasi lebar sinyal yang nantinya dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, agar mendapat nilai tegangan rata-rata yang berbeda.



Gambar 2. 7 Sinyal PWM.

Sinyal PWM yang diketahui pada umumnya memiliki besar nilai amplitude dan frekuensi dasar yang tetap, tetapi memiliki nilai lebar pulsa yang beragam. Nilai lebar pulsa PWM secara umum berbanding lurus dengan amplitude sinyal yang belum termodulasi. Dimana sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang konstan namun duty cycle beragam (antara 0% sampai 100%).

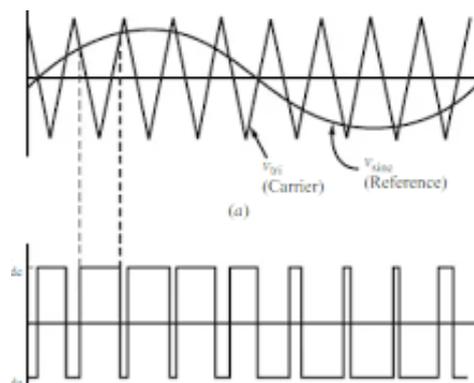
$$V_{out} = Duty\ Cycle \times V_{in} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dari nilai persamaan tersebut diketahui bahwa perubahan duty cycle akan secara otomatis dapat merubah nilai tegangan keluaran atau nilai tegangan rata-rata (Ketenagalistrikan & Energi Terbarukan, 2020).

PWM merupakan Teknik yang dipakai untuk mendapatkan sinyal analog yang dibangkitkan dari sebuah piranti digital. Sebenarnya sinyal dari PWM bisa didapatkan dan dibangkitkan dengan berbagai cara. Cara yang dipakai biasanya dengan metode analog dengan bantuan op-amp.

2.4.5. Sinusoidal Pulse Width Modulation

SPWM atau Sinusoidal Pulse Width Modulation merupakan suatu teknik memanipulasi lebar pulsa dengan cara membandingkan dua buah sinyal yang berbeda, yaitu sinyal referensi (biasanya sinyal sinusoidal) dan sinyal carrier (biasanya sinyal segitiga). Dengan demikian didapatlah sebuah lebar pulsa yang bervariasi sehingga harmonisnya bisa diminimalisir bahkan dihilangkan (Khairul Azmi, 2017). SPWM ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2. 8 Sinyal SPWM (Kujala, 2020).

Untuk menghasilkan sinyal SPWM membutuhkan sinyal carrier dan juga sinyal pemodulasi. Sinyal carrier menyerupai sinyal gelombang gigi gergaji sedangkan sinyal pemodulasi menyerupai gelombang sinyal sinusoidal. Teknik sine look up table menghasilkan look up table gelombang sinusoidal yang berisi data-data nilai amplitudo gelombang sinusoidal dalam satu periode. Nilai dari amplitudo tersebut dipakai menjadi duty cycle PWM.

SPWM memiliki prinsip kerja sebagai pengatur luas sinyal yang membuntuti model sinyal sinusoidal. Sinyal gigi gergaji dengan gelombang dan amplitudo yang maksimal menggunakan sinyal sinus dengan frekuensi dan amplitudo maksimal sebagai referensi untuk mengubah sinyal pembawa. Sebagai frekuensi carrier,

gelombang sinyal gigi gergaji wajib setingkat atau lebih dari isyarat sinus. Adapun indeks modulasi amplitudo biasa juga disebut dengan perbandingan amplitudo gelombang sinusoida dengan gelombang gigi gergaji(I. Hidayat et al., 2022).

2.4.6. Inverter Modified Sine Wave

Inverter *sine wafe modified* ini menghasilkan gelombang dengan bentuk kotak, namun sayangnya hanya memberikan tingkat efisiensi yang masih rendah, sehingga bisa digunakan untuk alat listrik dengan tegangan yang cukup tinggi tapi tidak bisa digunakan untuk beban yang lebih sensitif. Inverter ini banyak ditemukan di pasaran dengan harga yang relatif lebih murah sehingga banyak dipilih.



Gambar 2. 9 Inverter Modified Sine Wave(Home et al., n.d.).

2.4.7. Inverter Pure Sine Wave

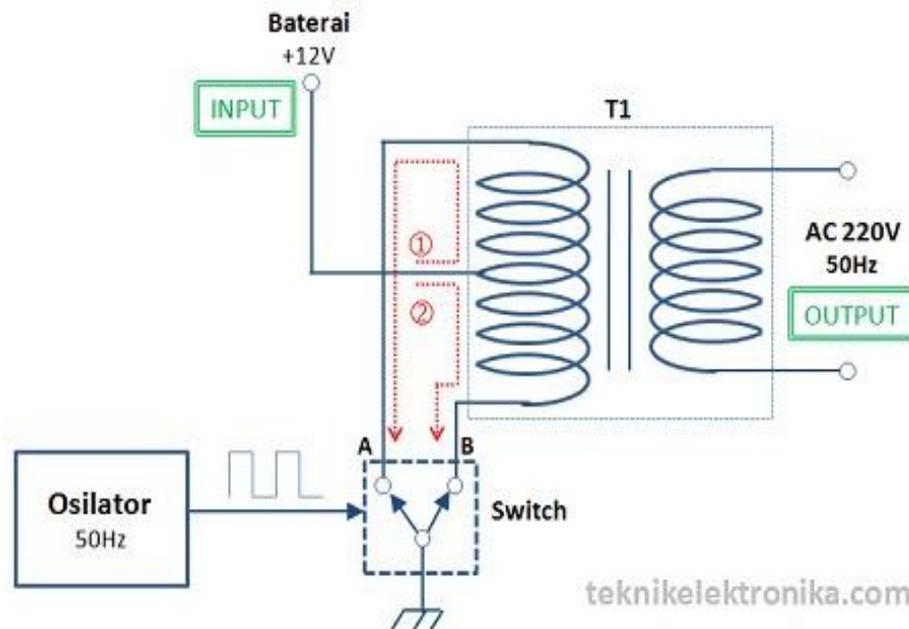
Tegangan output dari inverter Pure Sine Wave memiliki bentuk gelombang sinus seperti gelombang bentuk sinus listrik atau tegangan listrik PLN. Tegangan output dari inverter Pure Sine Wave memiliki bentuk gelombang sinus seperti gelombang bentuk sinus listrik atau tegangan listrik PLN. Dalam gelombang sinus, tegangan naik dan turun secara harmonis dengan sudut fase yang harmonis berubah V dan juga perubahan polaritas langsung ketika berpindah. Teknologi jenis ini umumnya disebut pulse width modulation yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk yang hampir sama dengan gelombang sinusoida. Dibutuhkan sebuah osilator sinyal sinus dengan frekuensi yang standar, power amplifier untuk menyediakan arus yang dibutuhkan.



Gambar 2. 10 Inverter Pure Sine Wave(Sinewave, n.d.).

2.4.8. Prinsip Kerja Inverter

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. 11 Prinsip Kerja Inverter(Dickson Kho, 2021).

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah 12V 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 50Hz 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 yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen

dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai *Switch* di rangkaian *Switch* Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan *Output* yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

2.5. Beban

Beban yang dimaksud disini adalah beban listrik dimana beban tersebut termasuk alat elektronik yang ada dirumah. Sifat beban memiliki 3 perbedaan yaitu resistif, induktif dan kapasitif.

2.5.1. Resistif

Resistif adalah beban yang menggunakan daya aktif dan jika melihat bentuk gelombang tegangan serta arus dari beban tersebut akan menemukan bahwa tegangan dan arus berada dalam fase yang sempurna satu sama lain. Resistansi dihasilkan ketika arus melewati konduktor dalam elemen beban, menghasilkan panas dan menempatkan beban listrik yang sesuai pada sumber daya. Beban resistif dapat menghasilkan jumlah beban yang tepat pada faktor daya yang sama. Beban resistif menghasilkan panas dalam jumlah besar yang harus dibuang dengan cepat untuk mencegah panas berlebih. Akibatnya, beban menggunakan udara untuk mendinginkan elemen resistif.

Adapun rumus daya pada beban resistif yaitu:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

P = Power / Daya (Watt)

V = Voltage / Tegangan (Volt)

I = Intensity / Arus (Ampere)



Gambar 2. 12 Beban Resistif

2.5.2.Induktif

Beban induktif dikenal juga sebagai beban reaktif, beban induktif menggunakan gulungan kawat untuk menciptakan medan induktif. Daya yang digunakan untuk membuat beban ini memuat sumber daya yang diuji dibandingkan dengan beban resistif, arus beban induktif memuncak setelah tegangan. Akibatnya, kumparan induktif menghasilkan faktor daya yang tertinggal. Karena menghasilkan faktor daya tertinggal, beban induktif digunakan setiap kali faktor daya beban uji harus dikurangi. Misalnya, faktor daya dalam sistem distribusi dan daya rumah sakit mungkin mendekati 0,8. Namun, selama pengujian generator, beban dapat digunakan untuk menghindari gangguan daya ke fasilitas. Beban induktif dapat menyesuaikan faktor daya ke nilai yang diperlukan untuk pengujian kapasitas penuh.

Rumus untuk beban Induktif listrik 1 Phase

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

P = Power / Daya (Watt)

V = Voltage / Tegangan (Volt)

I = Intensity / Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ (Faktor daya) nilai <1

Adapun rumus daya untuk Listrik Arus bolak balik 3 Phase yaitu :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3} \dots\dots\dots(2.7)$$

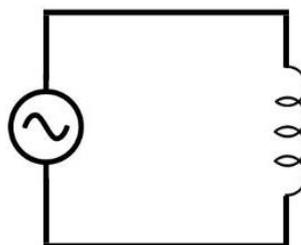
Keterangan :

P = Power atau Daya (Watt)

V = Voltage atau Tegangan (Volt)

I = Intensity atau Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ (Faktor daya) nilai <1



Gambar 2. 13 Beban Induktif

2.5.3. Kapasitif

Beban kapasitif adalah beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian muatan listrik. Beban kapasitif menggunakan daya aktif dan reaktif. Perbedaan fase antara arus dan tegangan yang digunakan oleh beban kapasitif murni adalah 90 derajat. Semua beban kapasitif memiliki kapasitansi serta sifat resistansi.

Rumus untuk beban kapasitif listrik 1 Phase adalah :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

P = Power / Daya (Watt)

V = Voltage / Tegangan (Volt)

I = Intensity / Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ (Faktor daya) nilai <1

Adapun rumus daya untuk Listrik Arus bolak balik 3 Phase yaitu :

$$P = V \times I \times \cos \varphi \times \sqrt{3} \dots\dots\dots(2.9)$$

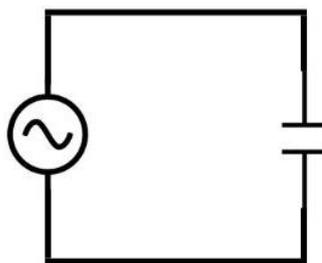
Keterangan :

P = Power atau Daya (Watt)

V = Voltage atau Tegangan (Volt)

I = Intensity atau Arus (Ampere)

$\cos \varphi$ (Faktor daya) nilai <1



Gambar 2. 14 Beban Kapasitif

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini ada langkah-langkah yang diambil oleh peneliti untuk mengumpulkan data-data dan informasi berdasarkan judul dan analisa secara ilmiah dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian “Analisis Perbandingan Daya Input dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (MSW) & Pure Sine Wave (PSW) Dengan Berbagai Variasi Jenis Beban”.

3.2.1. Alat Penelitian

Adapun alat untuk penelitian yang digunakan terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Alat Penelitian.

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	Baterai	Untuk mengubah arus listrik dari sumber menjadi tegangan, arus, dan frekuensi yang benar untuk memberi daya pada beban.
2	Tang	Untuk membantu merancang kegiatan penelitian
3	Obeng	Untuk membantu merancang kegiatan penelitian
4	Multitester	Untuk mengetahui ukuran tegangan listrik, resistansi, dan arus listrik.
5	Kabel	Sebagai penghantar listrik pada rangkaian.
6	Watt Meter 0-60 VDC	Untuk mengetahui keluaran arus, tegangan dan daya pada beban.
7	Watt Meter 220-230 VAC	Untuk mengetahui keluaran arus, tegangan dan daya pada beban.

3.2.2. Bahan Penelitian

Adapun bahan untuk penelitian yang digunakan terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Bahan Penelitian.

NO	Nama Bahan	Fungsi Bahan
1	Inverter MSW	Sebagai perbandingan inverter PSW dan pengubah tegangan DC ke AC pada rangkaian.
2	Inverter PSW	Sebagai perbandingan inverter MSW dan pengubah tegangan DC ke AC pada rangkaian.
3	Lampu	Sebagai beban resistif.
4	Solder Listrik	Sebagai beban resistif.
6	Trafo	Sebagai beban induktif
7	Kipas	Sebagai beban induktif
8	Kapasitor 1/2,5/3,5 μ F	Sebagai beban kapasitif.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang di amati menjadi obeejck dalam penelitian. Penelitian ini adalah mengetahui perbandingan daya input dan output pada inverter modified sine wave & pure sine wave dengan berbagai variasi jenis beban. Maka parameter yang harus di cari meliputi:

1. Mengetahui tegangan yang di hasil kan oleh inverter MSW dan PSW.
2. Mengetahui input dan output pada inverter MSW dan PSW ketika dikasih variasi jenis beban.
3. Mengetahui efisiensi daya pada inverter MSW dan PSW.

3.4. Prosedur Penelitian

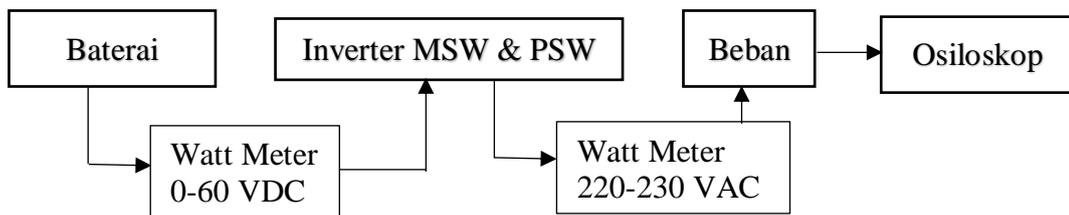
Prosedur penelitian adalah proses yang di lakukan selama penelitian yang disusun secara berurutan dari awal hingga akhir penelitian. Jalannya penelitian dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

1. Melakukan rangkaian pengujian penelitian dengan menggunakan 2 jenis inverter yang berbeda yaitu inverter modified sine wave dan pure sine wave.
2. Mengamati secara langsung (observasi) proses penelitian saat alat mulai bekerja.

3. Mengumpulkan data hasil penelitian yang menjadi permasalahan di dalam penelitian ini.
4. Melakukan perhitungan tegangan yang dihasilkan oleh inverter MSW dan PSW.
5. Menghitung efisiensi daya yang dihasilkan oleh inverter.

3.5. Perancangan Sistem

Langkah awal untuk perancangan system menentukan bentuk alat yang akan dibuat agar saat pembuatan alat dapat terselesaikan secara terstruktur.



Gambar 3. 1 Blok Diagram

Berdasarkan blok diagram diatas perancangan sistem dimulai dari menggunakan Catu Daya yang dimana arus keluar, masuk ke inverter MSW dan PSW sebagai alat yang nantinya diteliti oleh peneliti menggunakan beban yang sudah disediakan, dengan mengukur suatu gelombang untuk variasi jenis beban yang berbeda beda. Untuk lebih mengetahui secara pasti dilakukan dengan merangkai rangkaian percobaan. Adapun rangkaian percobaan terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. 2 Rangkaian Percobaan

Untuk melihat spesifikasi pada inverter terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3 Spesifikasi Inverter Modified Sine Wave

Jenis Inverter	Modified Sine Wave
Tegangan Input	DC 12 V
Tegangan Ouput	AC 220 V
Daya Output	500 Watt
Dimensi	152 x 95 x 54 mm
Bentuk Gelombang	Gelombang Sinus Termodifikasi
Frekuensi	50 Hz
Alarm Baterai Rendah	DC 10.4 - 11 V
Baterai Lemah	DC 9.7 - 10.3 V
Shutdown Baterai Tinggi	DC 14.5 -15.5 V
Efisiensi	>90 %

Tabel 4 Spesifikasi Inverter Pure Sine Wave

Jenis Inverter	Modified Sine Wave
Tegangan Input	DC 12 V
Tegangan Ouput	AC 220 V
Daya Output	500 Watt
Arus Input	50 A
Arus Tanpa Beban	600 Ma
Dimensi	185 x 126 x 70 mm
Bentuk Gelombang	Gelombang Sinus Murni
Frekuensi	50 Hz
Alarm Tegangan Rendah	DC 10 - 10.5 V
Batas Proteksi Tegangan Rendah Baterai	DC 9.5 - 10 V
Batas Proteksi Tegangan Tinggi Baterai	DC 15 -15.5 V
Efisiensi	>91 %

3.5.1. Perbandingan Arus, Tegangan, dan Daya

Adapun perbandingan yang harus di uji pada penelitian ini akan di dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5 Perbandingan Inverter MSW dan PSW

NO	Jenis Inverter	Arus (I)	Tegangan (V)	Daya (P)
1	Inverter MSW			

2	Inverter PSW			
---	--------------	--	--	--

3.5.2. Pengukuran Tegangan Inverter MSW dan PSW

Melakukan pengukuran alat pada inverter dimana mencari besaran tegangan serta mengukur besaran arus masukan dan arus keluaran yang dihasilkan oleh inverter. Untuk melakukan pengukuran terdapat beban yang di uji yaitu antara lain sebagai berikut.

1. Pengukuran inverter dengan beban resistif

Beban resistif yang digunakan adalah solder listrik dan dua buah lampu pijar yang memiliki kapasitas berbeda dimana solder listrik tersebut memiliki kapasitas 60 Watt sedangkan dua buah lampu memiliki kapasitas 15 Watt dan 20 Watt

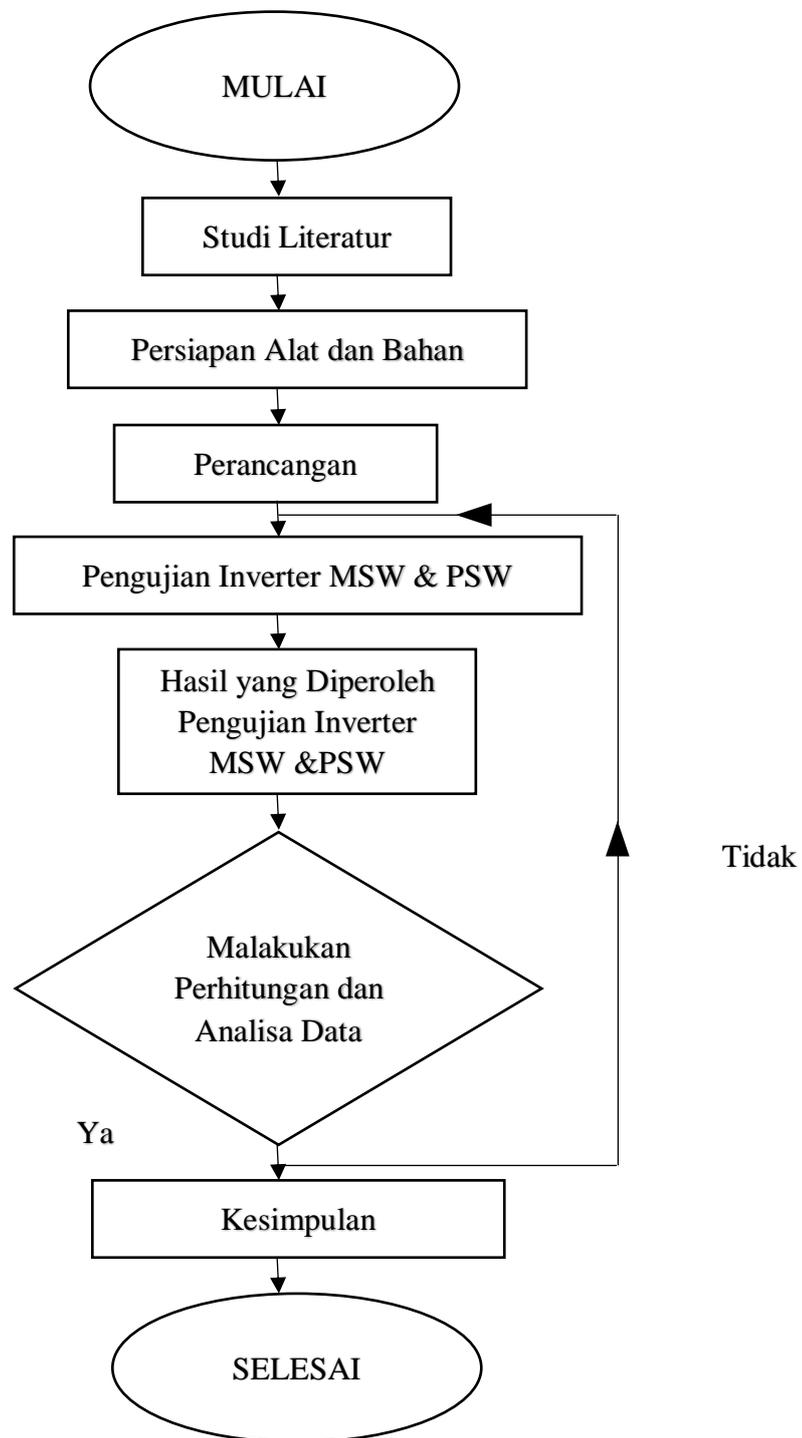
2. Pengukuran inverter dengan beban induktif

Beban induktif yang digunakan adalah buzzer dengan kapasitas 5 Watt dan untuk penggunaan kipas angin dengan kapasitas 50 Watt serta trafo CT.

3. Pengukuran inverter dengan beban kapasitif

Beban kapasitif yang digunakan adalah kapasitor memiliki kapasitas $1\mu\text{F}$, $2.5\mu\text{F}$, $3,5\mu\text{F}$.

3.6. Flow Chart



Gambar 3. 3 *Flow Chart*

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil pengujian Inverter

Pengujian inverter dilakukan untuk mengetahui apakah 2 jenis inverter yaitu modified sine wave dan pure sine wave mana yang memiliki efisien yang baik untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengujian inverter modified sine wave dan pure sine wave dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 6 Hasil Pengujian Inverter Modified Sine Wave

Input (V)	Output (V)	Arus (I)	Frekuensi(Hz)
12,50	177	0,58	57

Tabel 7 Hasil Pengujian Inverter Pure Sine Wave

Input (V)	Output (V)	Arus (I)	Frekuensi(Hz)
12,50	230	0,74	50

Pengujian 2 Jenis inverter dengan beban adalah pengujian yang dilakukan untuk melihat mana yang memiliki efisien yang lebih baik. Pada pengujian 2 jenis inverter ini dilakukan dengan menggunakan variasi jenis beban. Hasil pengujian pada inverter menggunakan variasi jenis beban dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8 Hasil Pengujian Inverter Modified Sine Wave Dengan Variasi Jenis Beban

Kondisi Beban	(V)In	(I)In	(V)Out	(I)Out	Cos Phi
Lampu 15 Watt	12,60	1,24	173	0,22	0,9
Lampu 20 Watt	12,55	1,37	169,5	0,22	0,15
Lampu 40 Watt	12,50	1,50	170	0,24	0,23
Solder 60 Watt	12,45	1,88	168	0,12	0,91
Kipas Angin 50 Watt	12,35	2,58	159,1	0,14	0,94
Trafo CT	12,45	2,56	0	0	0
Kapasitor 1 μ F	12,50	1,08	175,5	0,21	0,02
Kapasitor 2,5 μ F	12,38	1,85	172	0,47	0,02

Kapasitor 3,5 μ F	12,25	2,40	167,6	0,64	0,01
-----------------------	-------	------	-------	------	------

Tabel 9 Hasil Pengujian Inverter Pure Sine Wave Dengan Variasi Jenis Beban

Kondisi Beban	(V)In	(I)In	(V)Out	(I)Out	Cos Phi
Lampu 15 Watt	12,27	1,95	227,6	0,28	0,06
Lampu 20 Watt	12,30	1,80	227,1	0,29	0,10
Lampu 40 Watt	12,28	1,94	228,1	0,28	0,20
Solder 60 Watt	12,13	3,05	230	0,14	0,95
Kipas Angin 50 Watt	12,03	4,07	220	0,21	0,95
Trafo CT	4,49	12,21	228,3	0,19	0,92
Kapasitor 1 μ F	12,37	0,96	228,6	1,5	0,02
Kapasitor 2,5 μ F	12,25	2,04	225	2,3	0,03
Kapasitor 3,5 μ F	12,03	4,5	223,2	5,5	0,03

4.2. Analisa Efisiensi Inverter Modified Sine Wave dan Pure Sine Wave Pada Variasi Jenis Beban

Dari penelitian yang dilakukan menggunakan beberapa alat ukur maka didapatkan perhitungan sebagai berikut :

4.2.1. Perhitungan Beban Resistif

a. Perhitungan Beban Kapasitas 15 Watt Pada Inverter MSW dan PSW

- Beban Kapasitas 15 Watt Pada Inverter MSW

$$V_{in} = 12,60 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,24 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 173 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,22 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,09$$

Pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

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

$$= 12,60 \text{ V} \times 1,24 \text{ A}$$

$$= 15,6 \text{ Watt}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 173 \times 0,22 \times 0,09 \\ &= 3,4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{3,4}{15,6} \times 100 = 21,7\% \end{aligned}$$

- **Beban Kapasitas 15 Watt Pada Inverter PSW**

$$V_{in} = 12,27 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,95 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 227,6 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,28 \text{ Ampere}$$

$$\cos \varphi = 0,06$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,27 \text{ V} \times 1,95 \text{ A} \\ &= 23,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 227,6 \times 0,28 \times 0,06 \\ &= 3,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter PSW.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{3,8}{23,9} \times 100 = 15,8\%$$

b. Perhitungan Beban Kapasitas 20 Watt Pada Inverter MSW dan PSW

- Beban Kapasitas 20 Watt Pada Inverter MSW

$$V_{in} = 12,55 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,37 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 169,5 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,22 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,15$$

Pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,55 \text{ V} \times 1,37 \text{ A} \\ &= 17,1 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \text{Cos } \varphi \\ &= 169,5 \times 0,22 \times 0,15 \\ &= 5,5 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{5,5}{17,1} \times 100 = 32,16\% \end{aligned}$$

- Beban Kapasitas 20 Watt Pada Inverter PSW

$$V_{in} = 12,30 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,80 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 227,1 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,29 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,10$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,30 \text{ V} \times 1,80 \text{ A} \\ &= 22,14 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \text{Cos } \varphi \\ &= 227,1 \times 0,29 \times 0,10 \\ &= 6,5 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter PSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{6,6}{22,14} \times 100 = 29,8\% \end{aligned}$$

c. Perhitungan Beban Kapasitas 40 Watt Pada Inverter MSW dan PSW

- Beban Kapasitas 40 Watt Pada Inverter MSW

$$\begin{aligned} V_{in} &= 12,50 \text{ Volt} \\ I_{in} &= 1,50 \text{ Ampere} \\ V_{out} &= 170 \text{ Volt} \\ I_{out} &= 0,24 \text{ Ampere} \\ \text{Cos } \varphi &= 0,23 \end{aligned}$$

Pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,50 \text{ V} \times 1,50 \text{ A} \\ &= 18,75 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$P_{out} = V \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 170 \times 0,24 \times 0,23$$

$$= 9,3 \text{ Watt}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{9,3}{18,75} \times 100 = 50\%$$

- **Beban Kapasitas 40 Watt Pada Inverter PSW**

$$V_{in} = 12,28 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,94 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 228,1 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,28 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,20$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

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

$$= 12,28 \text{ V} \times 1,94 \text{ A}$$

$$= 23,82 \text{ Watt}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$P_{out} = V \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 228,1 \times 0,28 \times 0,20$$

$$= 12,77 \text{ Watt}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter PSW.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{12,77}{23,82} \times 100 = 53,6\%$$

d. Perhitungan Beban Kapasitas 60 Watt Pada Inverter MSW dan PSW

- **Beban Kapasitas 60 Watt Pada Inverter MSW**

$$V_{in} = 12,45 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,88 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 168 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,12 \text{ Ampere}$$

$$\cos \varphi = 0,91$$

Pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,45 \text{ V} \times 1,88 \text{ A} \\ &= 35,25 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 168 \times 0,12 \times 0,91 \\ &= 18,3 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada inverter MSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{18,3}{35,25} \times 100 = 51,9\% \end{aligned}$$

- **Beban Kapasitas 60 Watt Pada Inverter PSW**

$$V_{in} = 12,13 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 3,05 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 230 \text{ Volt}$$

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

$$\cos \varphi = 0,95$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,13 \text{ V} \times 3,05 \text{ A} \\ &= 36,99 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 230 \times 0,14 \times 0,95 \\ &= 30,59 \text{ Watt} \end{aligned}$$

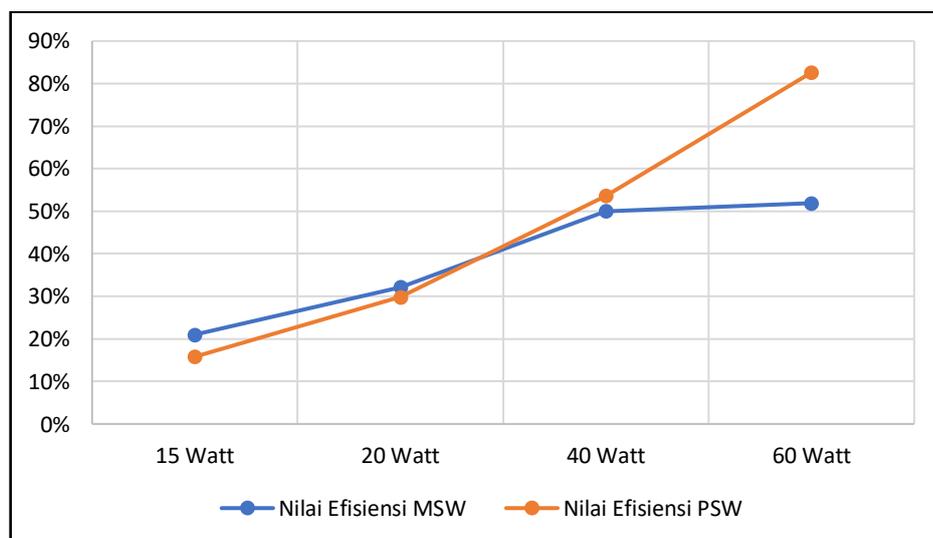
Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter PSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{30,59}{36,99} \times 100 = 82,6\% \end{aligned}$$

Tabel 10 Analisis hasil perhitungan nilai Efisiensi dari beban Resistif pada inverter MSW dan PSW

Beban	Nilai Efisiensi MSW	Nilai Efisiensi PSW
15 Watt	21%	15,8%
20 Watt	32,16%	29,8%
40 Watt	50%	53,6%
60 Watt	51,9%	82,6%

Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai rata-rata efisiensi pada beban resistif dengan inverter MSW sebesar 38,7 % dan pada inverter PSW sebesar 45,4 % hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4. 1 Grafik Efisiensi Beban Resistif

4.2.2. Perhitungan Beban Induktif

a. Perhitungan Beban Kapasitas 50 Watt Pada Inverter MSW dan PSW

- Beban Kapasitas 50 Watt Pada Inverter MSW

$$V_{in} = 12,35 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 2,58 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 159,1 \text{ Volt}$$

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

$$\text{Cos } \varphi = 0,94 \text{ Watt}$$

Pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,35 \text{ V} \times 2,58 \text{ A} \\ &= 31,86 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \text{Cos } \varphi \\ &= 159,1 \times 0,14 \times 0,94 \\ &= 20,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{20,9}{31,86} \times 100 = 65,7\% \end{aligned}$$

- Beban Kapasitas 50 Watt Pada Inverter PSW

$$V_{in} = 12,03 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 4,07 \text{ Ampere}$$

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

$$I_{out} = 0,21 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,95$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\
 &= 12,03 \text{ V} \times 4,07 \text{ A} \\
 &= 48,96 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 P_{out} &= V \times I \times \text{Cos } \varphi \\
 &= 220 \times 0,21 \times 0,95 \\
 &= 43,89 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter PSW.

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\
 \eta &= \frac{43,89}{48,96} \times 100 = 89,6\%
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Beban Trafo CT Pada Inverter MSW dan PSW

- Beban Trafo CT Pada Inverter MSW

$$\begin{aligned}
 V_{in} &= 12,45 \text{ Volt} \\
 I_{in} &= 2,56 \text{ Ampere} \\
 V_{out} &= 0 \text{ Volt} \\
 I_{out} &= 0 \text{ Ampere} \\
 P_{out} &= 0 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sebelum mencari efisiensi pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\
 &= 12,45 \text{ V} \times 2,56 \text{ A} \\
 &= 31,87 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW. Pada inverter MSW tidak ada output yang keluar beban yang di ukur, jadi hasil keluaran tersebut tidak memiliki efisiensi atau 0%.

- Beban Trafo CT Pada Inverter PSW

$$V_{in} = 12,21 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 4,49 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 228,3 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,19 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,92$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,21 \text{ V} \times 4,49 \text{ A} \\ &= 54,84 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \text{Cos } \varphi \\ &= 228,3 \times 0,19 \times 0,92 \\ &= 39,90 \text{ Watt} \end{aligned}$$

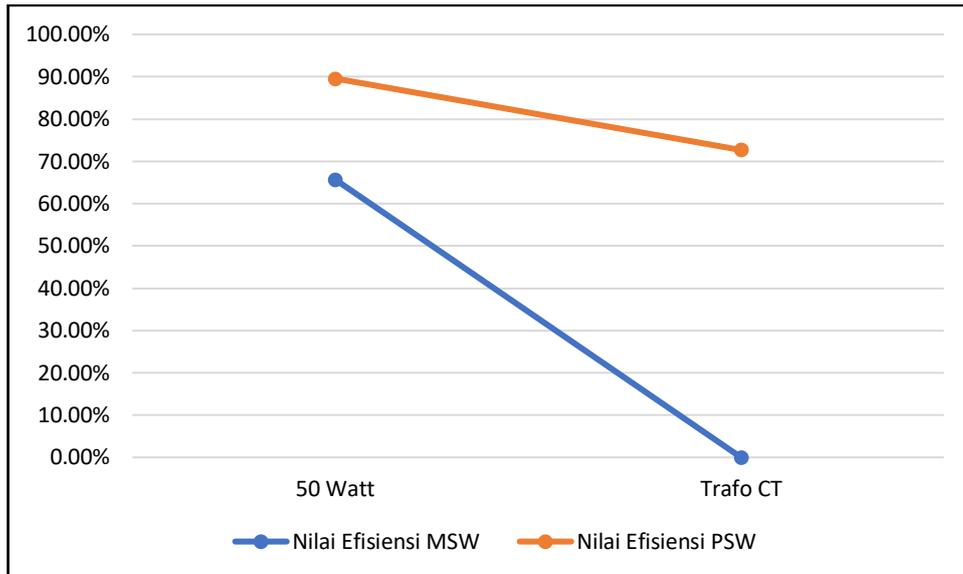
Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada inverter PSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{39,90}{54,84} \times 100 = 72,7\% \end{aligned}$$

Tabel 11 Analisis hasil perhitungan nilai Efisiensi dari beban Induktif pada inverter MSW dan PSW

Beban	Nilai Efisiensi MSW	Nilai Efisiensi PSW
50 Watt	65,7%	89,6%
Trafo CT	0%	72,7%

Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai rata-rata efisiensi pada beban induktif dengan inverter MSW sebesar 32,8 % dan pada inverter PSW sebesar 81,15 % hal ini dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.



Gambar 4. 2 Grafik Efisiensi Beban Induktif

4.2.3. Perhitungan Beban Kapasitif

a. Perhitungan Beban Kapasitas 1 μF Pada Inverter MSW dan PSW

- Beban Kapasitas 1 μF Pada Inverter MSW

$$V_{in} = 12,50 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,08 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 175,5 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,21 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,02$$

pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

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

$$= 12,50 \text{ V} \times 1,08 \text{ A}$$

$$= 13,5 \text{ Watt}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$P_{out} = V \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 175,5 \times 0,21 \times 0,02$$

$$= 0,73 \text{ Watt}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input dan output maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{0,73}{13,5} \times 100 = 5,4\%$$

- **Beban Kapasitas 1 μ F Pada Inverter PSW**

$$V_{in} = 12,37 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 0,96 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 228,6 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 1,5 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,02$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

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

$$= 12,37 \text{ V} \times 0,96 \text{ A}$$

$$= 11,8 \text{ Watt}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$P_{out} = V \times I \times \text{Cos } \varphi$$

$$= 228,6 \times 1,5 \times 0,02$$

$$= 6,8 \text{ Watt}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter PSW.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{6,8}{11,8} \times 100 = 58,11\%$$

b. Perhitungan Beban Kapasitas 2,5 μ F Pada Inverter MSW dan PSW

- **Beban Kapasitas 2,5 μ F Pada Inverter MSW**

$$V_{in} = 12,38 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 1,85 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 172 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 0,47 \text{ Ampere}$$

$$\cos \varphi = 0,02$$

Pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,38 \text{ V} \times 1,85 \text{ A} \\ &= 22,9 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 172 \times 0,47 \times 0,02 \\ &= 1,6 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{1,6}{22,9} \times 100 = 7\% \end{aligned}$$

- Beban Kapasitas 2,5 μF Pada Inverter PSW

$$V_{in} = 12,25 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 2,04 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 225 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 2,3 \text{ Ampere}$$

$$\cos \varphi = 0,03$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,25 \text{ V} \times 2,04 \text{ A} \\ &= 24,99 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 225 \times 2,3 \times 0,03 \\ &= 15,52 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter PSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{15,52}{24,99} \times 100 = 62,1\% \end{aligned}$$

c. Perhitungan Beban Kapasitas 3,5 μF Pada Inverter MSW dan PSW

- Beban Kapasitas 3,5 μF Pada Inverter MSW

$$\begin{aligned} V_{in} &= 12,25 \text{ Volt} \\ I_{in} &= 2,40 \text{ Ampere} \\ V_{out} &= 167,6 \text{ Volt} \\ I_{out} &= 0,64 \text{ Ampere} \\ \cos \varphi &= 0,01 \end{aligned}$$

Pada inverter MSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,25 \text{ V} \times 2,40 \text{ A} \\ &= 29,4 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter MSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \cos \varphi \\ &= 167,6 \times 0,64 \times 0,01 \\ &= 1,07 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Sesudah mendapatkan hasil pada daya input maka akan menghitung efisiensi pada pada inverter MSW.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$\eta = \frac{1,07}{29,4} \times 100 = 3,6\%$$

- Beban Kapasitas 3,5 μF Pada Inverter PSW

$$V_{in} = 12,03 \text{ Volt}$$

$$I_{in} = 4,5 \text{ Ampere}$$

$$V_{out} = 223,2 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 5,5 \text{ Ampere}$$

$$\text{Cos } \varphi = 0,03$$

Pada inverter PSW maka terlebih dahulu mencari daya input. Hasil dari perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{in} &= V_{in} \times I_{in} \\ &= 12,03 \text{ V} \times 4,5 \text{ A} \\ &= 54,13 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung daya keluaran pada inverter PSW. Hasil perhitungan ada pada dibawah ini.

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \times \text{Cos } \varphi \\ &= 223,2 \times 5,5 \times 0,03 \\ &= 36,8 \text{ Watt} \end{aligned}$$

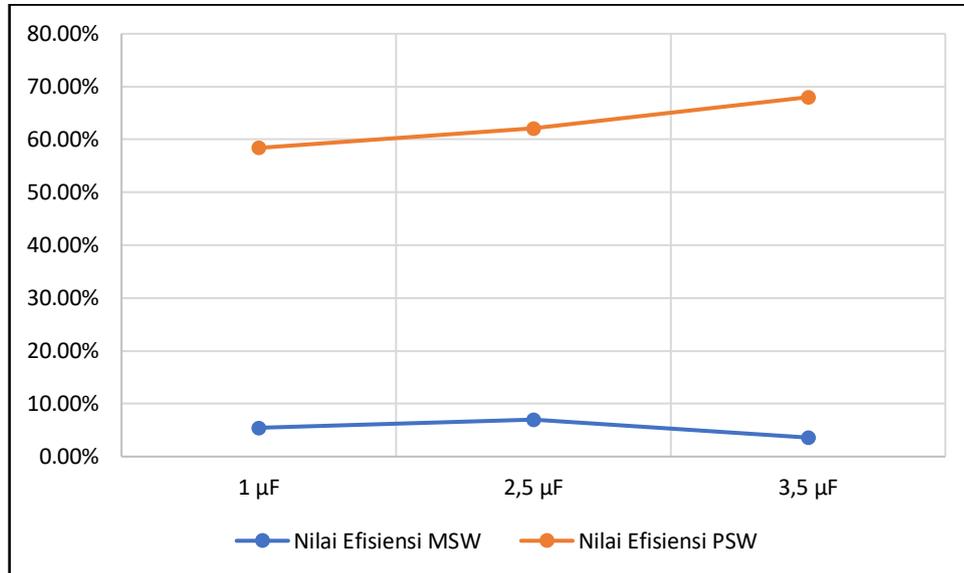
Sesudah mendapatkan hasil pada daya input maka akan menghitung efisiensi pada inverter PSW.

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \\ \eta &= \frac{36,8}{54,13} \times 100 = 68\% \end{aligned}$$

Tabel 12 Analisis hasil perhitungan nilai Efisiensi dari beban Kapasitif pada inverter MSW dan PSW

Beban	Nilai Efisiensi MSW	Nilai Efisiensi PSW
1 μF	5,4%	58,4%
2,5 μF	7%	62,1%
3,5 μF	3,6%	68%

Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai rata-rata efisiensi pada beban kapasitif dengan inverter MSW sebesar 5,3 % dan pada inverter PSW sebesar 62,83 % hal ini dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4. 3 Grafik Efisiensi Beban Kapasitif

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan serta pengambilan data dari penelitian yang dilakukan terhadap 2 jenis inverter yaitu inverter Modified Sine Wave dan Pure Sine Wave dengan variasi jenis beban dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Inverter adalah rangkaian alat elektronik yang dapat mengkonversi tegangan arus searah (DC) menjadi tegangan arus bolak-balik (AC). Untuk mengetahui masukan dan keluaran terhadap 2 jenis inverter yaitu inverter MSW dan PSW dilakukan pengukuran tegangan, arus, dan daya agar mengetahui efisiensi pada inverter dengan menggunakan variasi jenis beban agar parameter pemilihan inverter mendapatkan energi yang diperoleh dapat disalurkan ke beban, karena energi yang kurang maksimal mempengaruhi komponen yang ada didalam rangkaian inverter pada saat diberi beban.
2. Berdasarkan hasil dari pengukuran dan perhitungan terhadap 2 jenis inverter yaitu inverter MSW dan PSW dapat disimpulkan bahwa inverter PSW memiliki efisiensi yang tinggi dengan rata-rata pada beban resistif sebesar 45,4%, dan pada inverter MSW memiliki efisiensi rata-rata 38,7%, kemudian pada beban induktif inverter PSW memiliki rata-rata 81,1% dan inverter MSW memiliki efisiensi rata-rata 32,8%, Serta pada beban kapasitif terlihat sangat jelas bahwa efisiensi inverter MSW jauh lebih rendah sebesar 5,3% dibandingkan dengan inverter PSW yang jauh memiliki efisiensi yang sangat tinggi dengan rata-rata 62,8%.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian inverter MSW dan PSW dari perhitungan mendapatkan efisiensi pada 2 jenis inverter. Bagi penelitian selanjutnya hasil riset ini berpotensi untuk dikembangkan kembali dengan metode berbeda dengan alat inverter yang sama, dan meningkatkan untuk keefektivitasan dalam melakukan penelitian selanjutnya.

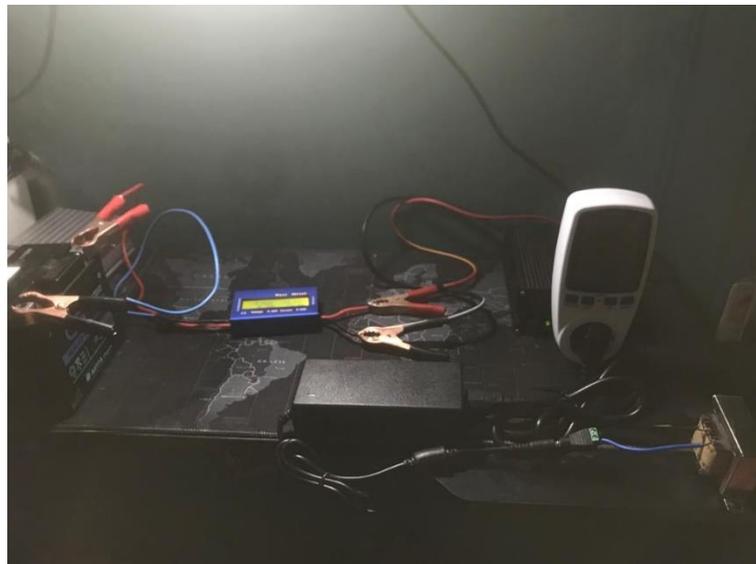
DAFTAR PUSTAKA

- Alifia, M. (2021). *Inverter*. 7, 6.
- Battery, L. I. (2019). *Teori Inverter*. 1(778), 1–24. www.ehs.washington.edu
- Daryanto. (2013). *Teknik Listrik Lanjutan*. 1–11.
- Dickson Kho. (2021). Pengertian Inverter dan Prinsip Kerjanya. *TeknikElektronika.Com*, 1–9. <https://teknikelektronika.com/pengertian-inverter-prinsip-kerja-power-inverter/>
- Evalina, N., & Arfis, A. (2019). *Penggunaan Inverter 3G3MX2 Untuk Merubah Kecepatan Putar Motor Induksi 3 Phasa*. 4(2), 93–96.
- Fadhli MR. (2010). Rancang Bangun Inverter 12V DC ke 220V AC Dengan Frekwensi 50Hz dan Gelombang Keluaran Sinusoidal. *Rancang Bangun Inverter 12V Dc Ke 220V Ac Dengan Frekwensi 50Hz Dan Gelombang Keluaran Sinusoidal*, 85(UI), 1–40.
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., Siregar, C. A. P., & Oktrialdi, B. (2021). Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid-19 Pandemic. *Journal of Electrical Technology UMY*, 5(1), 26–31. <https://doi.org/10.18196/jet.v5i1.12089>
- Hidayat, I., Mahdali, A., & Afandy, M. (2022). Analisis Perbandingan Inverter Satu Phasa PWM dan SPWM dengan Trafo. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 4(1), 27–32. <https://doi.org/10.37905/jjee.v4i1.11900>
- Hidayat, R. (2020). *Kita Punya*. 1–12. <https://www.kitapunya.net/definisi-public-relation/>
- Home, S., Items, S., & Arrivals, N. (n.d.). □ 4 *cn258675386 Store*. 0, 22–25.
- Hutagalung, S. N., & Panjaitan, M. (2017). Prototype Rangkaian Inverter Dc Ke AC 900 Watt. *Jurnal Pelita Informatika*, 6(1), 64.
- Ketenagalistrikan, F., & Energi Terbarukan, D. (2020). *Institut Teknologi Pln Skripsi Kajian Pengukuran Karakteristik Modul Inverter Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Home System Program Studi Sarjana Teknik Elektro*.
- Khairul Azmi. (2017). Desain Dan Analisis Inverter Satu Fasa Dengan Menggunakan Metode Spwm Berbasis Arduino. *Jurnal Komputer, Informasi*

- Teknologi, Dan Elektro*, 2(4), 36–44.
- Kujala, J. (2020). *Discontinuous Pwm Techniques in Three-Phase Power Converters*. April.
- Namin, A., Chaidee, E., Sriprom, T., & Bencha, P. (2018). Performance of Inductive Wireless Power Transfer between Using Pure Sine Wave and Square Wave Inverters. *ITEC Asia-Pacific 2018 - 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo, Asia-Pacific: E-Mobility: A Journey from Now and Beyond*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ITEC-AP.2018.8433306>
- Portafolio, V. E. R. (n.d.). *a Batería Sellada*. 1–12.
- Prasetia, A. M. (2021). Implementasi Inverter Pure Sine Wave Untuk Pemanfaatan Energi Surya. *Theta Omega: Journal of Electrical* <https://jurnal.untidar.ac.id/index.php/thetaomega/article/view/3953>
- Sinewave, P. (n.d.). *Inverter Pure Sine Wave Inverter Puresinewave*. 3–5.
- Suroso, Khafidz, A., Winasis, & Siswantoro, H. (2020). Three-level modified sine wave inverter equipped with online temperature monitoring system. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 18(2), 977–984. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v18i2.14848>
- Yani, A. (2016). *Pembuatan Osiloskop Berbasis Personal Komputer Menggunakan Sound Card*. 1(1), 31–35.

LAMPIRAN

Gambar 1. Proses Pengujian Alat



Gambar 2. Rangkaian Pengujian



Gambar 3. Pengujian Inverter MSW dan PSW



Gambar 4. Pengukuran Input dan Output Pada Inverter

Lembar Asistensi

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Perbandingan Daya Input dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (MSW) & Pure Sine Wave (PSW) Dengan Berbagai Variasi Jenis Beban

Nama : Raihan Bagastira

NPM : 1807220048

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	4/4/2022	Buat bab I pendahuluan	<i>[Signature]</i>
2	10/4/2022	Perbaiki Rumus output	<i>[Signature]</i>
3	14/4/2022	Perbaiki citra pada bab 2	<i>[Signature]</i>
4	18/4/2022	Buat perancangan alat	<i>[Signature]</i>
5	20/4/2022	Judul perancangan penutup	<i>[Signature]</i>
6	27/4/2022	Perbaiki dan cek L dan 2	<i>[Signature]</i>
7	25/5/2022	Perbaiki Flowchart	<i>[Signature]</i>
8	30/5-2022	Ace seminar paperul	<i>[Signature]</i>

Dosen Pembimbing

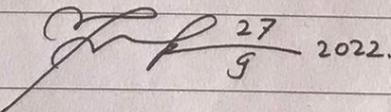
[Signature]
Partoan Harahap, S.T., M.T.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

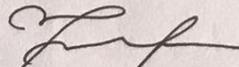
Judul : Analisis Perbandingan Daya Input dan Output Pada Inverter Modified Sine Wave (MSW) & Pure Sine Wave (PSW) Dengan Variasi Jenis Beban

Nama : Raihan Bagastira

NPM : 1807220048

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	26/6/2022	perbaiki pada Bab 2	
2.	19/7/2022	Revisi tulisan di bab 3	
3.	27/7/2022	Ulangi percobaan	
4.	4/8/2022	ambil perbaikan msu dan psu	
5.	14/8/2022	capt Bab 4	
6.	3/9-2022	coba perhitungan archeda	
7.	27/9-2022	Revisi Daftar isi	
8.		 27/9 2022.	

Dosen Pembimbing


Partoan Harahap, S.T, M.T.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Data Pribadi

Nama	: Raihan Bagastira
Tempat/Tanggal Lahir	: Medan, 17 November 2000
Jenis Kelamin	: Laki - laki
Umur	: 21
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Tinggi/Berat Badan	: 169 Cm/50 Kg
Kewarganegaraan	: Indonesia
Alamat	: Jalan Sakti Lubis GG Bali No 91 A
No Hp/WA	: 082275842964
Email	: Han93764@gmail.com

Data Orangtua

Nama Ayah	: Winardy, S. E
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Nama Ibu	: Artisah, S. E
Agama	: Islam
Kewarganegaraan	: Indonesia
Alamat	: Jalan Sakti Lubis GG Bali No 91 A

Latar Belakang Pendidikan

2006-2012	: SDN 068085
2012-2015	: SMP NEGERI 34 MEDAN
2015-2018	: SMA NEGERI 13 MEDAN
2018-2022	: Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara