

Implementasi Inverter Berbasis Square Wave dan Sinusoidal PWM Menggunakan Arduino Uno

By Saidah Saidah

Implementasi Inverter Berbasis Square Wave dan Sinusoidal PWM Menggunakan Arduino Uno

R Dwiki Rachwanto¹, Saidah^{1*}, Amirullah¹

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. Ahmad Yani Frontage Road No. 114 Gayungan Surabaya 60231 Jawa Timur

*saidah@ubhara.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i2.13454>

ABSTRACT

Inverters with square waves and sinusoidal output signal waves have different efficiency values. The difference is very visible, especially when the inverter is used to drive an electric device that uses a motor. The sinusoidal wave type inverter, electricity consumption will be more efficient than the use of a square wave type inverter. This study aims to determine the efficiency value of the square wave and sinusoidal inverter wave output in supplying the load. Square wave and sinusoidal inverters require a controller, the controller uses an Arduino Uno which acts as an SPWM signal generator and a square wave signal is used to drive the MOSFET with push-pulls topology. Based on the results of the inverter test to determine the efficiency, it shows that the inverter with sinusoidal output is 96.40% better, while the inverter with square wave output is only 83.34%, this test is carried out using a 50W LED lamp load.

Key words : inverter, squarewave, sinusoidal, efficiency, arduino uno SPWM

PENDAHULUAN

Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak – balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Bentuk gelombang yang dapat dihasilkan oleh power inverter diantaranya adalah gelombang persegi (square wave), gelombang sinus (sine wave), gelombang sinus yang dimodifikasi (modified sine wave) dan gelombang modulasi lebar pulsa (Pulse Width Modulated /PWM) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan (Eggleston, 2007). Sedangkan frekuensi yang dihasilkan pada umumnya sekitar 50 Hz atau 60 Hz dengan tegangan keluaran sekitar 160 V atau 220 V. Keluaran daya listrik yang paling umum ditemui untuk produk – produk konsumen adalah sekitar 150 Watt hingga 3000 Watt.

Pada peneliti sebelumnya telah merancang bangun inverter satu fasa menggunakan teknik high voltage dengan metode Sinusoidal Pulse Width

Modulation (SPWM) (Panggabean et al., 2017). Penelitian tersebut mengubah sumber tegangan masukan DC dengan keluaran gelombang sinusoidal untuk peralatan elektronik skala rumah tangga. Pengujian setiap blok dan keberhasilan sistem didapatkan hasil penelitian bahwa sistem inverter untuk frekuensi 3,3 KHz hanya mampu mengubah 12 VDC menjadi 42 VDC yang kemudian dikonversi menjadi 220 V AC / 50 Hz gelombang sinus. Hasil lain dari penelitian ini adalah sulitnya menerapkan PWM dengan pensaklaran tegangan tinggi pada frekuensi modulasi yang rendah.

Penelitian Aziz et al, (2017) merancang inverter untuk dapat menghasilkan gelombang sinus murni agar dapat digunakan untuk segala jenis beban listrik dengan spesifikasi tegangan input 12 VDC, tegangan output AC 220V/50 Hz yang dalam pembangkitan sinyal menggunakan teknik SPWM berbasis mikrokontroler. Inverter yang telah dirancang menggunakan tipe push-pull, namun peneliti tidak menjelaskan efisiensi yang dihasilkan. Penelitian oleh Azmi et al., (2017) telah mendesain

Article History:

Received: March, 3rd 2022; **Accepted:** July, 25th 2022

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

Cite this as:

Rachwanto, R.D., Saidah & Amirullah. (2022). Implementasi Inverter Berbasis Square Wave dan Sinusoidal PWM Menggunakan Arduino Uno. *Rekayasa* 15 (2). 182-191 pp.
doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i2.13454>

© 2022 Rachwanto

dan menganalisis inverter satu fasa menggunakan metode SPWM berbasis arduino. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan yaitu inverter hasil perancangan menghasilkan tegangan keluaran 11,3 VAC dengan tegangan masukan 12 VDC. Gelombang keluaran yang dihasilkan adalah gelombang sinus termodifikasi. Efisiensi inverter diperoleh 90,23% dengan pengujian beban resistif 5Ω dengan THD tegangan yang dihasilkan sebesar 8,9%.

Peneliti berikutnya mendesain dan menganalisis inverter 1 fasa menggunakan kendali untuk membangkitkan pulsa dengan metode PWM menghasilkan frekuensi output sesuai dengan apa yang diharapkan yaitu 50hz dengan delay 10ms waktu perubahan pulsa yang dihasilkan dengan PWM dihasilkan oleh Arduino Uno (Setiawan *et al.*, 2019). Namun inverter ini masih sebatas simulasi menggunakan Proteus ISIS. Rancang bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM) yang dilakukan oleh Sinaga *et al* (2017) melalui proses pembangkitan PWM dapat dilakukan dengan cara membangkitkan gelombang segitiga dan gelombang sinus secara diskret dengan metode look up table, kemudian dilakukan perbandingan untuk masing-masing nilai amplitude gelombang sinus dan segitiga.

4. Penelitian Al-Achmad *et al.*, (2018) merancang inverter satu fasa tipe *Full Bridge* dengan metode kontrol *proportional resonant* menggunakan mikrokontroler 16-bit PIC30F4011 karena metode kontrol tersebut mampu memperbaiki respon sistem dengan cepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kontrol *proportional resonant* adalah kontroler yang cocok untuk digunakan sebagai pengendalian arus AC pada inverter satu fasa yang dirancang, namun masih terjadi *ripple arus* pada sisi AC. Pada penelitian ini digunakan merancang buck converter tegangan rendah yang digunakan untuk kontrol tegangan (Aliyan *et al.*, 2014).

Penelitian Rancang Bangun Inverter dilakukan pula untuk Fitting Lampu AC dengan menggunakan sumber baterai DC 12V (Arifuddin, 2016). Selanjutnya penelitian oleh (Yulianto *et al.*, 2019), melakukan analisis perbandingan efisiensi daya *modified sine inverter* dengan *pure sine inverter*. Pada penelitian merupakan referensi perbandingan hasil efisiensi yang akan digunakan pada hasil pengukuran keluaran inverter dengan beberapa bentuk sinyal inverter. Sementara itu, peneliti yang lain (Maharmi, 2017) telah merancang inverter satu

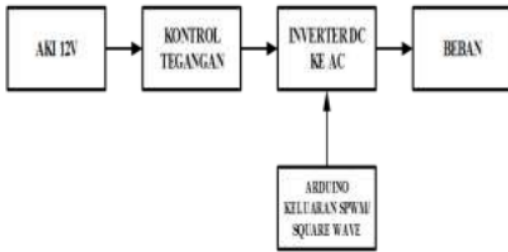
fasa lima level dengan metode MPWM (*Modified Pulse Width Modulation*) diharapkan dapat menghasilkan tegangan dan arus keluaran yang relatif konstan dengan nilai harmonisa yang kecil sehingga aman digunakan untuk berbagai macam peralatan elektronik. Hasil pengkonversian pada inverter konvensional biasanya menimbulkan nilai harmonisa yang bisa menyebabkan terjadinya gangguan dan kerusakan pada piranti listrik. Oleh karena itu, dilakukan penelitian inverter dengan output berupa tegangan AC dengan bentuk berupa gelombang sinus modifikasi, gelombang sinusoidal, gelombang kotak oleh Mundus *et al.*, (2019). Penelitian inverter ini sudah menggunakan inverter push pull, pada saat dilakukan penelitian ini hasil dari pengujian inverter, frekuensi yang terukur tidak mencapai 50 Hz dan tidak dilakukan perhitungan efisiensi.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah inverter satu fasa dengan membandingkan dua metode PWM (*Pulse Width Modulation*) yaitu metode Square Wave PWM dan *Sinusoidal PWM*, dari kedua metode tersebut akan dianalisa untuk mengetahui efisiensi yang terdapat pada inverter. Jenis rangkaian yang digunakan pada inverter untuk driver switching adalah rangkaian *push pull inverter* dengan pola pensaklaran berupa metode PWM yang diolah oleh mikrokontroler Arduino Uno.

METODE PENELITIAN

Inverter berbasis SPWM dan *Square Wave* mempunyai nilai efisiensi daya yang berbeda bila diamati pada beban lampu yang terpasang pada output inverter. Inverter dirancang menggunakan topologi pensaklaran mosfet berjenis *push pull* dengan pengatur tegangan pada masukan inverter agar menjaga keluaran inverter tetap stabil. Gambar 1 merupakan blok diagram Konfigurasi Sistem keseluruhan Inverter SPWM dan *Square Wave*.

Aki 12V sebagai sumber utama dari inverter, tegangan aki akan mensuplai rangkaian kontrol tegangan. Rangkaian kontrol tegangan berfungsi sebagai penstabil tegangan keluaran inverter dengan cara mengatur tegangan DC sebagai masukan inverter melalui proses perbandingan data tegangan. Pada proses perbandingan data tegangan, tegangan masukan terdiri dari pembacaan tegangan keluaran inverter dan pembacaan tegangan referensi.



Gambar 1. Blok Diagram Konfigurasi Sistem keseluruhan Inverter SPWM dan *Square Wave*

Pada masukan data digital inverter, arduino bertugas membangkitkan dua buah sinyal keluaran yaitu sinyal SPWM untuk menghasilkan keluaran inverter sinusoidal dan sinyal gelombang kotak untuk menghasilkan keluaran inverter *square wave*. Sinyal dari keluaran arduino digunakan untuk mencacah tegangan DC melalui pensaklaran mosfet topologi push pull. Proses pensaklaran mosfet digunakan untuk menginduksi trafo agar menghasilkan tegangan tinggi.

Perancangan Hardware (Perangkat Keras)

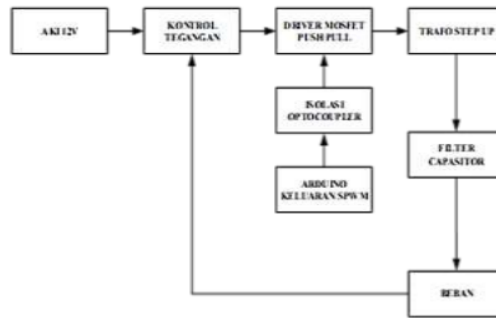
Perancangan perangkat keras dalam membangun inverter berbasis SPWM dan *Square Wave* dengan topologi *push pull*. Bagian ini menjelaskan mengenai rangkaian dan proses kerja dari perangkat keras sistem yang akan dibangun, termasuk cara kerja inverter dengan topologi SPWM dan *square wave*, driver mosfet, dan komponen pendukung lainnya.

1. Inverter SPWM

Inverter dengan metode SPWM dikenal sebagai inverter dengan keluaran gelombang sinyal sinusoidal. Pengaturan SPWM secara digital dapat dilakukan melalui arduino dengan cara mengatur lebar pulsa pada setiap sample PWM sesuai dengan data derajat siklus sinusoidal. Cara kerja dari perancangan blok diagram perangkat keras inverter SPWM dapat dijelaskan pada Gambar 2.

Inverter bekerja dengan masukan tegangan kerja 12 VDC yang berasal dari aki. Tegangan aki tersebut akan distabilkan melalui rangkaian kontrol tegangan, dimana kontrol tegangan bekerja dengan cara membaca dua masukan tegangan untuk dilakukan perbandingan. Perbandingan dilakukan untuk mengatur lebar pulsa PWM pada rangkaian kontrol tegangan, dengan cara membandingkan dua masukan tegangan yaitu tegangan dari keluaran inverter dan tegangan referensi. Driver mosfet topologi *push pull*

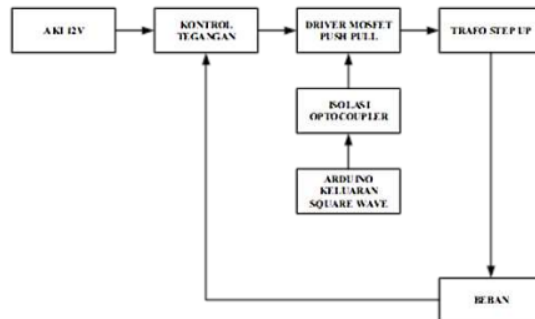
digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi sinyal SPWM yang dihasilkan oleh arduino. Isolasi *opto-coupler* digunakan untuk melindungi arduino terhadap kerusakan pada rangkaian driver mosfet. Dari proses driver mosfet akan menginduksi trafo step up untuk menghasilkan tegangan tinggi, tegangan tinggi tersebut masih berupa sinyal SPWM yang perlu dilakukan proses filter untuk menghasilkan gelombang sinusoidal.



Gambar 2. Blok Diagram Perangkat Keras dari Inverter SPWM

2. Inverter Square Wave

Inverter dengan keluaran gelombang *square wave* dapat dibangkitkan melalui mikrokontroler arduino dengan cara mengatur PWM sesuai periode waktu dari frekuensi yang akan diterapkan.



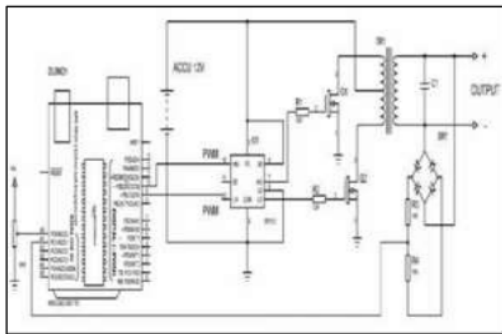
Gambar 3. Blok Diagram Perangkat Keras dari Inverter *Square Wave*

Cara kerja dari perancangan blok diagram perangkat keras inverter *square wave* dapat dijelaskan pada Gambar 3. Inverter bekerja dengan masukan tegangan kerja 12 VDC yang berasal dari aki. Tegangan aki tersebut akan distabilkan melalui rangkaian kontrol tegangan, dimana kontrol tegangan bekerja dengan cara membaca dua masukan tegangan untuk dilakukan perbandingan. Perbandingan dilakukan untuk mengatur lebar pulsa PWM pada rangkaian kontrol tegangan,

dengan cara membandingkan dua masukan tegangan yaitu tegangan dari keluaran inverter dan tegangan referensi. Driver mosfet topologi *push pull* digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi sinyal gelombang kotak yang dihasilkan oleh arduino. Isolasi *optocoupler* digunakan untuk melindungi arduino terhadap kerusakan pada rangkaian driver mosfet. Dari proses driver mosfet akan menginduksi trafo *step up* untuk menghasilkan tegangan tinggi, tegangan tinggi tersebut merupakan gelombang *square wave* yang siap mensuplai beban.

3. Driver Mosfet

Konfigurasi driver mosfet (Engineers garage, 2017) berfungsi menyalurkan data swiching dari arduino ke topologi *push pull* untuk mensaklarkan sisi rendah mosfet dengan tipe sinyal pembangkit *square wave* PWM dan sinusoidal PWM. Keluaran PWM dari arduino bertegangan rendah sebesar 2-3V (rms) sehingga tidak dapat langsung memicu mosfet aktif secara penuh maka digunakan driver mosfet dengan komponen IR2110. IR2110 dapat digunakan untuk mengatur pensaklaran masukan mosfet dengan tegangan rendah dan tegangan tinggi sampai 500Vdc.



Gambar 4. Rangkaian Driver Mosfet

Cara kerja dari driver mosfet yang ditunjukkan pada Gambar 4. Alat ini bekerja dengan cara menginduksi masukan dua kumparan primer trafo CT secara bergantian menggunakan mosfet, dari proses induksi tersebut trafo akan menghasilkan tegangan tinggi pada kumparan sekundernya. Tipe mosfet yang digunakan pada rangkaian inverter adalah Irf 3205 kapasitas maksimum 120 W, arus drain sebesar 110 A, tegangan drain ke source sebesar 55 V, resistansi internal mosfet sebesar 8.0 m Ω .

4. Kontrol Tegangan

Rangkaian kontrol tegangan merupakan konversi DC ke DC yang berfungsi menstabilkan keluaran pada inverter ketika mensuplai beban. Cara kerja dari rangkaian kontrol tegangan adalah mengatur lebar silkus pulsa PWM sesuai kondisi perbandingan tegangan yang berlangsung. Perbandingan tegangan meliputi tegangan dari keluaran inverter dan tegangan referensi sebesar 5V. Pada tegangan keluaran inverter akan diturunkan sebesar 24V. Logika pada perbandingan kontrol tegangan adalah bila tegangan referensi lebih besar dari tegangan keluaran inverter maka siklus PWM akan bertambah. Sebaliknya jika tegangan referensi lebih kecil dari tegangan keluaran inverter maka siklus PWM akan berkurang.

Rangkaian *feedback* digunakan menstabilkan tegangan keluaran inverter dengan cara mengubah tegangan tinggi ac ke tegangan rendah dc untuk dibaca oleh masukan analog arduino sebagai data perbandingan dengan tegangan referensi. Proses perbandingan dilakukan untuk mengatur lebar pulsa dari data SPWM dan *square wave* bila tegangan referensi lebih tinggi dari tegangan feedback maka lebar pulsa bertambah, jika tegangan refrensi lebih kecil dari tegangan feedback maka lebar pulsa berkurang.

5. Arduino Uno

Arduino Uno digunakan untuk mengolah atau membangkitkan keluaran sinyal *square wave* PWM dan sinyal SPWM pada inverter. Pada inverter *square wave*, arduino digunakan untuk membangkitkan gelombang *square wave* dengan frekuensi 50 HZ. Sedangkan pada inverter keluaran gelombang SPWM, Arduino digunakan untuk menghasilkan gelombang sinusoidal PWM dengan frekuensi dasar sebesar 50Hz, dan frekuensi segitiga sebesar 20KHz.

6. Opto-coupler Arduino

Rangkaian optocoupler digunakan untuk melindungi rangkaian kontrol Arduino terhadap rangkaian driver mosfet *push pull*, agar tidak terjadi kerusakan mosfet dan komponen IR2110. Perancangan optocoupler menggunakan komponen TLP250 dengan mengatur resistor sesuai kebutuhan tegangan dioda LED pada internal TLP250.

7. Kapasitor Filter

Kapasitor Filter digunakan untuk meredam frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh trafo step up dan meloloskan Frekuensi dasar dari SPWM. Dari proses filter tersebut sinyal SPWM akan menjadi sinyal sinusoidal dengan frekuensi 50 Hz. Dalam pemilihan nilai kapasitor filter dapat diperhatikan konsumsi arus yang disebabkan kapasitor filter agar tidak terjadi pemborosan pada daya keluaran inverter.

B. Perancangan Software (Perangkat Lunak)

Dalam perancangan pembangkit inverter dibutuhkan konfigurasi perangkat lunak program bahasa C untuk menginstruksi arduino agar menghasilkan gelombang SPWM dan gelombang square wave PWM.

1. Konfigurasi Pembangkit SPWM

Konfigurasi pembangkit sinusodial PWM untuk mengubah setengah periode gelombang sinus menjadi beberapa sample pulsa yang memiliki lebar pulsa mengikuti besar dari gelombang sinus. Untuk menentukan periode dari frekuensi dan frekuensi SPWM menggunakan persamaan 1 (Eprojects zone, 2016) :

$$Td = \frac{1}{Fd} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Td = Periode waktu sinusoidal

Fd = Frekuensi dasar sinusoidal

Menentukan periode setengah siklus fundamental sebesar 10 milidetik, kemudian menentukan kebutuhan frekuensi gelombang segitiga dengan cara membagi frekuensi timer internal interrupt arduino dari total frekuensi kristal, seperti pada persamaan (2) :

$$F_{\text{segitiga}} = \frac{F_{\text{kristal}}}{(\text{pembagi} \times F_{\text{interrupt}})} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

F_{segitiga} = Frekuensi Gelombang segitiga

F_{Kristal} = Frekuensi Kristal

Pembagi = Pembagi Frekuensi

F_{Interrupt} = Target Frekuensi yang dibutuhkan

Kemudian menentukan periode waktu gelombang segitiga yang dibutuhkan dengan persamaan (3) :

$$T_{\text{segitiga}} = \frac{1}{F_{\text{segitiga}}} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

F_{segitiga} = Frekuensi Gelombang segitiga

T_{segitiga} = Periode Waktu Gelombang segitiga

Dari perhitungan periode waktu Gelombang segitiga mendapatkan jumlah total sample PWM

dalam setengah periode waktu sinusoidal, dengan persamaan (4) :

$$TPS = \frac{1}{2} \left(\frac{Td}{T_{\text{segitiga}}} \right) \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

TPS = Total Sample PWM

Td = Periode Waktu Sinusoidal

T_{segitiga} = Periode waktu gelombang segitiga

Berdasarkan dari persamaan (4) didapatkan total sample sesuai spesifikasi kebutuhan untuk membangkitkan SPWM, kemudian menentukan derajat pada masing masing sample SPWM dengan persamaan (5) :

$$\text{Derajat sample} = \frac{\text{siklus} \cdot \left(\frac{180}{tps} \right) \cdot \pi}{180} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

Sample_{orde} = Siklus = Urutan Sample PWM

Derajat Sample = Urutan Sudut derajat pada masing – masing sample

tps = Total Sample PWM

π = Phi (3.14)

Setelah menentukan urutan derajat pada masing masing sample SPWM kemudian menentukan duty cycle SPWM dengan persamaan :

$$\text{Duty Cycle SPWM} = \sin (\text{Derajat Sample}) \dots \dots (6)$$

Keterangan :

Duty Cycle SPWM = Dutty cycle dari masing masing sample SPWM

Sin = Konversi nilai sudut derajat ke radian dalam mempola sinus.

2. Konfigurasi Pembangkit Square Wave

Dalam konfigurasi pembangkit square wave dibutuhkan periode waktu untuk mengetahui berapa lama waktu PWM high/aktif dalam satu siklus, hal ini sesuai persamaan (7).

$$T = \frac{1}{F} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

T = Periode Waktu

F = Frekuensi

Kemudian menentukan lama sinyal PWM harus tetap on (aktif) dan off (tidak aktif), hal ini ditentukan oleh duty cycle PWM seperti persamaan (8) :

$$\text{Duty cycle} = \frac{T_{\text{on}}}{(T_{\text{on}} + T_{\text{off}})} \dots \dots (8)$$

Keterangan :

Duty cycle = lebar siklus kerja PWM

T_{on} = waktu aktif (on) dimana keluaran PWM pada posisi tinggi

T_{off} = waktu tidak aktif (off) dimana keluaran PWM pada posisi rendah.

Untuk menghitung Efisiensi inverter dilakukan dengan perbandingan daya output inverter dengan daya input inverter, dari perbandingan tersebut menggunakan persamaan (9) (Ruskardi. 2015).

$$\eta = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{input} \times I_{input}} \times 100 \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan :

- η = Efisiensi (%)
- V_{out} = Tegangan keluaran inverter (Volt AC)
- I_{out} = Arus keluaran inverter (Ampere AC)
- V_{in} = Tegangan masukan inverter (Volt DC)
- I_{in} = Arus masukan inverter (Ampere DC)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Pembangkit Sinyal PWM

Pengujian program pembangkit sinyal PWM yaitu SPWM dan Square Wave PWM menggunakan mikrokontroler modul Arduino Uno yang akan digunakan untuk menswitch saklar mosfet pada rangkaian inverter. Pada penelitian ini terdapat dua buah sinyal PWM yang berbeda meliputi sinyal Square PWM dan sinyal SPWM. Gambar 5 adalah menunjukkan implementasi inverter satu fasa yang menghasilkan gelombang *Square Wave* dan Sinusoidal PWM.



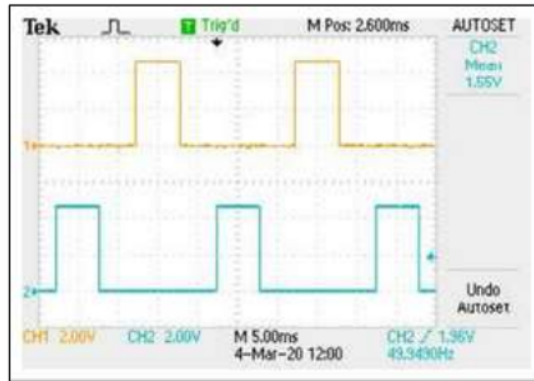
Gambar 5. Implementasi Inverter satu fasa

Pembangkit Sinyal Square PWM

Pembangkit sinyal Square PWM merupakan sinyal gelombang kotak yang memiliki frekuensi sebesar 50Hz. Pada Gambar 6 pengujian dilakukan dengan cara pembacaan keluaran pin digital arduino untuk mengetahui bentuk sinyal melalui osiloskop digital.

Pembangkit Sinyal SPWM

Pembangkit sinyal SPWM merupakan sinyal pwm memiliki lebar siklus pulsa yang sesuai dengan gelombang sinusoidal. Pada Gambar 7 pengujian dilakukan dengan cara pembacaan keluaran pin digital arduino untuk mengetahui bentuk sinyal melalui osiloskop digital.



Gambar 6. Hasil Pengamatan Pembangkit PWM Square Wave Menggunakan Osiloskop



Gambar 7. Hasil Pengamatan Pembangkit SPWM Menggunakan Osiloskop

2. Pengujian Rangkaian Inverter

Pengujian inverter terdiri dari jenis pengujian yaitu pengujian inverter square wave tanpa beban, inverter square wave menggunakan beban, pengujian inverter SPWM tanpa beban, pengujian inverter SPWM menggunakan beban, dan pengujian efisiensi dari inverter square wave dan inverter SPWM.

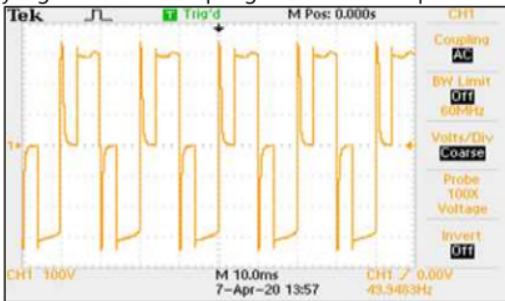
Pengujian Inverter Square Wave

Pengujian tegangan keluaran inverter dilakukan untuk mengetahui besar nilai tegangan dan frekuensi melalui pengukuran multimeter dan osiloskop tanpa penambahan beban lampu. Pada Gambar 8 menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan multimeter tanpa beban. Pada hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa hasil pengukuran menunjukkan nilai 225 VAC (rms). Sedangkan untuk gelombang keluaran dari inverter dapat dilihat pada Gambar 9, gelombang yang dihasilkan dari pengamatan osiloskop.



Gambar 8. Hasil Pengukuran Multimeter Tegangan Square Wave

Pada Gambar 7 menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan multimeter tanpa beban. Pada hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa hasil pengukuran menunjukkan nilai 225 Vac (Rms). Sedangkan untuk gelombang keluaran dari inverter dapat dilihat pada Gambar 8, gelombang yang dihasilkan dari pengamatan osiloskop.



Gambar 9. Hasil Pengamatan Keluaran Inverter Square Wave Tanpa Menggunakan Beban

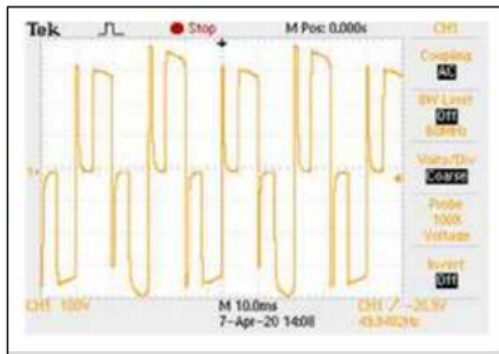


Gambar 10. Hasil Pengamatan Satu Periode Keluaran Inverter Square Wave Tanpa Beban
 Gambar 9 menunjukkan gelombang keluaran dari inverter berupa gelombang square wave dengan skala pengukuran 100x, sehingga terlihat jelas besar magnitude dan frekuensi yang terbaca adalah 50

Hz. Sedangkan Gambar 10 menunjukkan hasil keluaran Inverter square wave tanpa beban.

Pengujian Inverter Square Wave Menggunakan Beban

Pengujian inverter *square wave* menggunakan beban dilakukan untuk menguji atau melihat kemampuan inverter dalam mensuplai beberapa beban lampu melalui pengukuran osiloskop. Gambar 11 menunjukkan hasil pengamatan bentuk gelombang inverter Square Wave setelah menggunakan beban, terdapat perubahan bentuk dari sinyal Square Wave ketika penggunaan beban dilakukan.



Gambar 11. Hasil Pengamatan Osiloskop Setelah Menggunakan Beban Lampu Led



Gambar 12. Hasil Pengamatan Satu Periode Keluaran Inverter Square Wave Menggunakan Beban

Tabel 1. Hasil Pengukuran Inverter Gelombang Square Wave Dengan Beberapa Variasi Beban

Beban Lampu (W)	V out (Volt AC)	I out (Amper AC)	V in (Volt DC)	I in (Amper DC)	Effisiensi (%)
8 W	228	0.03	12.30	1.347	41.30
13 W	225	0.035	12.27	1.320	48.61
16 W	222	0.07	12.23	1.940	63.51
24W	219	0.095	12.30	2.28	74.17
33 W	212	0.1325	12.15	2.96	78.11
50 W	207	0.1975	12.08	3.90	83.34

Tabel 2. Hasil Pengukuran Inverter Gelombang SPWM Dengan Beberapa Variasi Beban

Beban Lampu (Watt)	V out (Volt AC)	I out (Amper AC)	V in (Volt DC)	I in (Amper DC)	Effisiensi (%)
8 W	220	0.0275	12.33	1.563	31.39
13 W	222	0.0375	12.31	1.640	41.22
16 W	222	0.07	12.27	2.08	60.89
24 W	220	0.1025	12.24	2.59	71.13
33 W	222	0.15	12.20	3.03	90.09
50 W	193	0.25	12.12	4.13	96.40

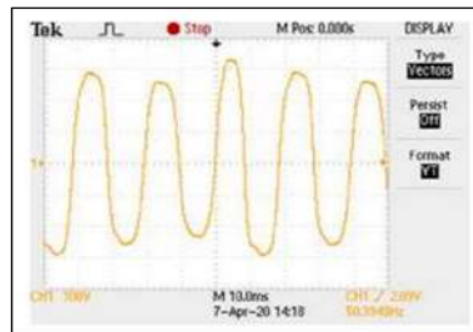
Dari Tabel 1. Terlihat bahwa nilai efisiensi inverter Square Wave dipengaruhi oleh daya pada beban lampu LED. Untuk menghitung efisiensi digunakan rumus pada persamaan (9) dan diperoleh efisiensi tersendah sebesar 41,31 % dan efisiensi tertinggi sebesar 83,34 %.



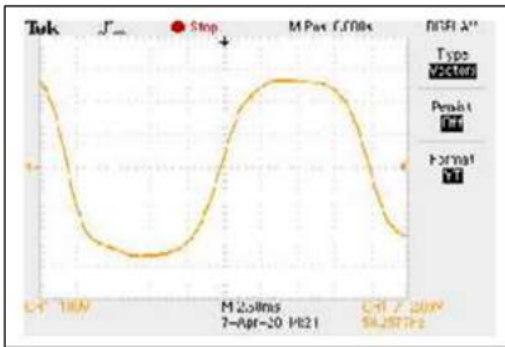
Gambar 13. Hasil Pengukuran Multimeter Tegangan SPWM

Pengujian Hasil Inverter SPWM

Pengujian inverter SPWM tanpa menggunakan beban merupakan pengujian inverter dengan gelombang SPWM yang sudah terpasang filter untuk menghasilkan gelombang sinusoidal dengan frekuensi 50Hz dan amplitude rata-rata sebesar 220 VAC. Pada Gambar 13 menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan multimeter tanpa beban. Pada hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa hasil pengukuran menunjukkan nilai 223 VAC (rms). Sedangkan untuk gelombang keluaran dari inverter dapat dilihat pada Gambar 14, gelombang yang dihasilkan dari pengamatan osiloskop.



Gambar 14. Hasil Pengamatan Keluaran Inverter SPWM Tanpa Menggunakan Beban

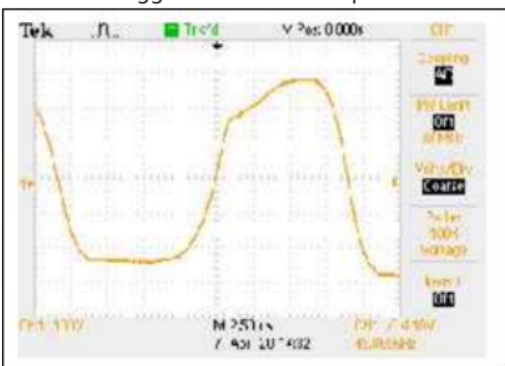


Gambar 15. Hasil Pengamatan Satu Periode Keluaran Inverter SPWM Tanpa Menggunakan Beban

Pengujian Inverter SPWM Menggunakan Beban dilakukan pada inverter yang telah dilakukan pemasangan filter untuk mengetahui kemampuan inverter dalam mensuplai beberapa beban lampu melalui pengukuran osiloskop. Gambar 16 menunjukkan hasil pengamatan bentuk gelombang inverter SPWM setelah menggunakan beban, terdapat perubahan bentuk dari sinyal SPWM ketika penggunaan beban dilakukan



Gambar 16. Hasil Pengamatan Osiloskop Setelah Menggunakan Beban Lampu Led



Gambar 17. Hasil Pengamatan Satu Periode Keluaran Inverter SPWM Setelah Menggunakan Beban

Berdasarkan Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa nilai efisiensi inverter SPWM dipengaruhi oleh daya pada beban lampu LED. Untuk menghitung efisiensi digunakan rumus pada persamaan (9) dan diperoleh efisiensi terendah sebesar 31,39% dan efisiensi tertinggi sebesar 96,40 %. Untuk daya beban lampu LED 50 W diperoleh efisiensi sebesar 96,4%, lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yulianto (et al, 2019) diperoleh efisiensi < 70% untuk daya beban lampu LED yang sama dan untuk daya beban lampu LED 200W juga mempunyai efisiensi < 70%.

KESIMPULAN

Berdasarkan beberapa percobaan yang telah dilakukan pada penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian keluaran inverter *Square Wave* dengan efisiensi terendah sebesar 41,30% dan efisiensi tertinggi sebesar 83,34%. Sedangkan dari hasil pengujian keluaran inverter SPWM, efisiensi terendah sebesar 31,39% dan efisiensi tertinggi sebesar 96,40%. Pengujian efisiensi keluaran inverter SPWM jauh lebih baik yaitu sebesar 96,40% dari pada keluaran inverter *Square Wave* hanya sebesar 83,34%. Hasil pengukuran tegangan keluaran inverter *Square Wave* tanpa beban sebesar 225 VAC (Rms). Sedangkan hasil pengukuran tegangan keluaran inverter SPWM tanpa beban sebesar 223 VAC (Rms).

Adapun masukan-masukan yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem ini ke depan adalah penambahan penggunaan mikrokontroler berbasis ARM CORTEX 32 bit agar dapat menghasilkan frekuensi tinggi pada sinyal SPWM, mengganti spesifikasi komponen diode pada modul kontrol tegangan agar kapasitas inverter lebih besar yang berfungsi sebagai konversi AC ke DC, mengganti spesifikasi komponen mosfet agar kapasitas daya inverter bisa lebih besar, topologi push pull dapat diubah menjadi topologi full bridge agar pensaklaran mosfet lebih baik dalam menghasilkan daya lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Aziz Zaenal Buchori, Andriani Parastiwi, Fathoni. 2017. Desain dan Implementasi Inverter Gelombang Sinus Murni untuk Beban AC pada Photovoltaic. *JURNAL ELKOLIND*, September, VOL.04, NO. 3. <http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v4i3.118>

- Benrimati Maharmi. 2017. Perancangan Inverter Satu Fasa Lima Level Modifikasi Pulse Width Modulation. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol 8, No 1. <http://dx.doi.org/10.22441/jte.v8i1.1373>
- Daniel P. Eggleston, James Michael Doucet, Jeremy S. Shaw. 2007. PWM Pure Sine Wave Power Inverter, Worcester Polytechnic Institute Digital WPI, <https://digitalcommons.wpi.edu/mqp-all>.
- David Setiawan, Hamzah Eteruddin, Arlenny. 2019. Desain Dan Analisis Inverter Satu Fasa Berbasis Arduino Menggunakan Metode SPWM. *Jurnal Teknik*. Volume 13, Nomor 2, pp 128 – 135. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i2.3470>.
- Engineersgarage. 2017. High and Low Side Switching Mosfet. [Online] Available: <https://www.engineersgarage.com/contribution/high-and-low-side-switching-mosfet-part-1317>
- Eprojectszone. 2016. How to Generate a Sine Wave From Arduino or Atmega 328, [Online]. Available: <http://www.eprojectszone.com/2016/08/21/how-to-generate-a-sine-wave-from-arduino-or-atmega-328/>.
- Fariz Yulianto, Wakhyu Dwiono, Winarso. 2019. Analisis Perbandingan Efisiensi Daya Modified Sine Inverter Dengan Pure Sine Inverter. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*. Vol.1, No.1, Hal. 17~24. DOI: [10.30595/jrre.v1i1.4924](https://doi.org/10.30595/jrre.v1i1.4924)
- Khairul Azmi, Ira Devi Sara, Syahrizal Syahrizal. 2017. Desain Dan Analisis Inverter Satu Fasa Dengan Menggunakan Metode Spwm Berbasis Arduino. *Jurnal KITEKTRO*. Vol 2, No 4 (2017).
- Kholil Arifuddin. 2016. Rancang Bangun Inverter Untuk Fitting Lampu AC Dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12V. skripsi di Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Lalu Riza Yan, Rini Nur Hasanah, M. Aziz Muslim. 2014. *Design of Inverter with Less Harmonics Using Buck-Boost Converter and SPWM Method*. International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics, Yogyakarta.
- Ray Mundus¹, Kho Hie Khwee², Ayong Hiendro³. 2019. Rancang Bangun Inverter dengan Menggunakan Sumber Baterai DC 12V, *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura* Vol 2 No 1
- Ruskardi. 2015. Kajian Teknis dan Analisis Ekonomis PLTS Sistem Terpusat Sebagai Energi Alternatif". *Jurnal Elka*. Vol 7, No 1. <http://dx.doi.org/10.26418/elka.v7i1.9409>.
- Subasian Yusuf Ggabean, F.X Arianto Setyawan, Syaiful Alam. 2017. Rancang bangun inverter satu fasa menggunakan teknik high voltage pwm (pulse width modulation). *Elektrisian Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. Vol. 11 No. 2. <https://doi.org/10.23960/elc.v11n2.2026>.
- Syah Jahan Al Achmad*, Iwan Setiawan, dan Trias Andromeda. 2018. Implementasi Kontrol Arus Pada Inverter Satu Fasa Menggunakan Dspic30f4011 Dengan Metode Kontrol Proportional Resonant, *TRANSIENT Jurnal*, VOL. 7, NO. 1, <https://doi.org/10.14710/transient.7.1.310-318>.
- Teknik Elektronika. 2017. Pengertian Inverter dan Prinsip Kerjanya, [Online] Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-inverter-prinsip-kerja-power-inverter/>
- Teknik Elektronika. 2017. Pengertian PWM (Pulse Width Modulation Atau Modulasi Lebar Pulsa). [Online] Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-pwm-pulse-width-modulation-atau-modulasi-lebar-pulsa>.
- Yustinus Andrianus Sinaga¹, Ahmad Saudi Samosir², Abdul Haris³. 2017. Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM). *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. Volume 11, No. 2.

Implementasi Inverter Berbasis Square Wave dan Sinusoidal PWM Menggunakan Arduino Uno

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	eprints.unram.ac.id Internet	120 words — 3%
2	electrician.unila.ac.id Internet	69 words — 2%
3	es.scribd.com Internet	68 words — 2%
4	www.grafiati.com Internet	59 words — 1%
5	repositori.usu.ac.id Internet	39 words — 1%
6	ejournal3.undip.ac.id Internet	26 words — 1%
7	sinta3.ristekdikti.go.id Internet	22 words — 1%
8	jurnalnasional.ump.ac.id Internet	21 words — < 1%
9	pt.scribd.com Internet	18 words — < 1%

10	riverspace.org Internet	18 words — < 1%
11	www.scribd.com Internet	17 words — < 1%
12	lalsie.ist.hokudai.ac.jp Internet	16 words — < 1%
13	journal.uta45jakarta.ac.id Internet	15 words — < 1%
14	www.trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id Internet	15 words — < 1%
15	jurnal.polines.ac.id Internet	14 words — < 1%
16	repo.unsrat.ac.id Internet	14 words — < 1%
17	fr.scribd.com Internet	13 words — < 1%
18	Journal.trunojoyo.ac.id Internet	12 words — < 1%
19	digilib.unimed.ac.id Internet	11 words — < 1%
20	repository.its.ac.id Internet	11 words — < 1%
21	prosidingseminakel.hangtuah.ac.id Internet	10 words — < 1%

22 Internet 8 words — < 1%

23 bajangjournal.com
Internet 8 words — < 1%

24 docplayer.info
Internet 8 words — < 1%

25 studije.med.bg.ac.rs
Internet 8 words — < 1%

26 www.ejournal.unmus.ac.id
Internet 8 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY OFF

EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES OFF