

Rancang Bangun Modul Control SPWM Berbasis Arduino Uno

Mohammad Fauzi¹, Ir. Mohammad Luqman,MS², Ir. Yulianto,MT³

[Submission: 07-05-2021, Accepted: 30-05-2021]

Abstract: *Electronics in the world has progressed and developed, one of which is the use of DC electrical energy which is converted into AC electrical energy called an inverter. One technique for obtaining pure sine waves from DC wave conversion is to modulate the width of the DC wave pulse signal. This technique is called sinusoidal pulse width modulation (SPWM). Project on inverter has been successfully designed using the SPWM technique as a switching process. The method of making a 1-phase MOSFET IRFZ44N full bridge inverter to produce SPWM waves is to change the voltage from 24 VDC which is then increased by using a Step Up transformer and capacitor as a filter using 1KHz input frequency from Arduino uno. From the test results, it is obtained SPWM with an input voltage of 24 VDC and a frequency of 1KHz and an inverter output voltage of 188.3 VAC without load and 135 VAC using a 3 Watt load in the form of a lamp.*

Abstrak— Dunia elektronika mengalami kemajuan dan perkembangan salah satunya adalah pemanfaatan energi listrik DC yang di ubah menjadi energi listrik AC yang disebut inverter. Salah satu teknik untuk mendapatkan gelombang sinus murni dari konversi gelombang DC adalah dengan memodulasi lebar sinyal pulsa gelombang DC tersebut. Teknik ini disebut dengan *Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)*. Untuk perancangan Inverter ini menggunakan teknik SPWM sebagai proses *Switching*. Metode pembuatan inverter *fullbridge* 1 fasa MOSFET IRFZ44N untuk menghasilkan gelombang SPWM adalah mengubah tegangan sebesar 24 VDC yang kemudian di naikkan dengan menggunakan trafo *Step Up* dan kapasitor sebagai *Filter*, dengan menggunakan output *Frekuensi* 1KHz dari arduino uno. Dari hasil pengujian maka didapatkan SPWM dengan input tegangan 24 VDC dan frekuensi 1KHz dan tegangan output inverter sebesar 188,3 VAC tanpa beban dan 135 VAC dengan menggunakan beban 3 Watt berupa lampu.

Kata Kunci—: *Inverter, Arduino Uno, Switching, Trafo, SPWM*

I. PENDAHULUAN

Dengan kemajuan dibidang elektronika, pemanfaatan energi listrik DC di rubah menjadi energi listrik AC yang biasa di sebut inverter. Penggunaan inverter banyak digunakan pada peralatan rumah tangga, transportasi dan di perkantoran.

Sebagai contoh manfaat pada peralatan rumah tangga sebagai penyedia listrik cadangan seperti *Emergency Power* dimana aliran listrik dari PLN tidak menyalurkan energi listrik karena gangguan ataupun pemeliharaan.

Inverter adalah sebuah peralatan elektronika yang

mampu mengubah sumber tegangan searah(DC) menjadi sumber tegangan bolak-balik(AC) dengan besar *magnitude* dan frekuensi yang diinginkan. Adapun bentuk gelombang *output* yang dihasilkan dari inverter umumnya dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu: segi empat (*Square Wave*), sinyal sinus termodifikasi (*Modified Sine Wave*), dan sinyal sinus murni (*Pure Sine Wave*).[2]

Salah satu teknik untuk mendapatkan gelombang sinus murni dari konversi gelombang DC adalah dengan memodulasi lebar sinyal pulsa gelombang DC tersebut. Teknik ini disebut dengan SPWM. Salah satu penelitian, yang telah menerapkan metode SPWM untuk mendapatkan gelombang AC murni adalah besar gelombang AC yang diharapkan diperoleh dengan menggunakan inverter dengan bantuan *boost converter* sebagai penaik tegangan dari sumber DC. Didapatkan hasil yaitu dengan menggunakan metode SPWM dapat mengurangi harmonisa.

Banyaknya modul inveter di pasaran yang di perjual belikan dengan memiliki kekurangan yaitu pada output sinyal SPWM pada alat tidak stabil atau masih memiliki *ripple* sehingga dapat mengganggu proses *switching* MOSFET di rangkaian inverter.

Oleh karena itu dirancang sebuah "Modul Control SPWM Berbasis Arduino Uno" Untuk penguatan sinyal SPWM menggunakan metode *switching* dengan 4 MOSFET *fullbrige*, pada rangkaian inverter dan dapat membantu dalam memahami sistem kerja dari modul kontrol SPWM ke inverter 1 fasa dan komponen pembentuk kontrol sinyal SPWM serta output gelombang sinusoidal dari rangkaian inverter 1 fasa.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Sinyal

Secara umum, sinyal didefinisikan sebagai suatu besaran fisis yang merupakan fungsi waktu, ruangan atau beberapa variabel.

a. Sinyal Analog

Sinyal analog bekerja dengan mentransmisikan suara dan gambar dalam bentuk gelombang kontinyu (*continous varying*). Dua parameter/karakteristik terpenting yang dimiliki oleh isyarat analog adalah *amplitudo* dan *frekuensi*. Sinyal analog memiliki tiga variable dasar, antara lain. [3]

1. *Amplitudo* merupakan ukuran tinggi rendahnya tegangan dari sinyal analog.
2. *Frekuensi* adalah jumlah gelombang sinyal analog dalam satuan detik.

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

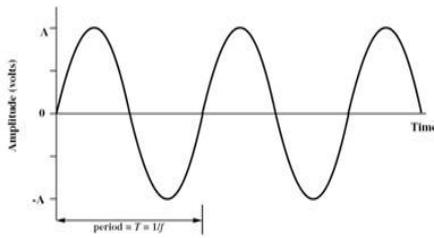


¹Mohammad Fauzi adalah Mahasiswa , Program Studi Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Probolinggo; email: muhammadfauzi289@gmail.com)

²Ir. Mohammad Luqman,MS adalah Dosen, Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang; Email : mohluqmanpolinema@gmail.com

³Ir. Yulianto adalah Dosen, Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang; email: Yulianto_poltek@gmail.com

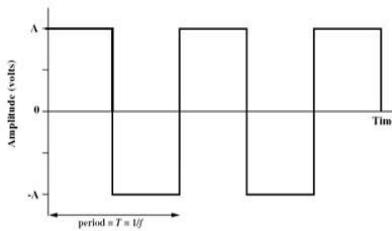
3. *Phasa* adalah besar sudut dari sinyal analog pada saat tertentu



Gambar 1. Sinyal analog [3]

b. Sinyal Digital

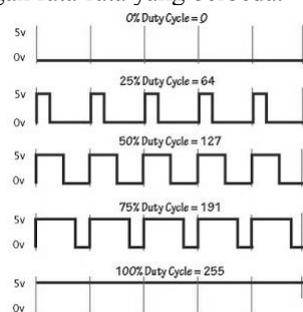
Sinyal digital merupakan hasil teknologi yang dapat mengubah signal menjadi kombinasi urutan bilangan 0 dan 1 .



Gambar 2. Sinyal digital[3]

B. Pulse Width Modulation (PWM)

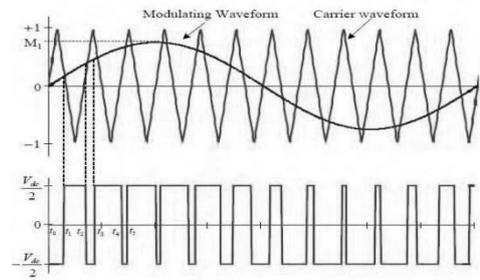
Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda.



Gambar 3. Siklus sinyal PWM [4]

C. Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)

Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) adalah teknik modulasi lebar pulsa yang digunakan dalam inverter. Inverter menghasilkan output tegangan AC dari input DC dengan bantuan *switching circuit* untuk mereproduksi gelombang sinus dengan menghasilkan satu atau lebih pulsa tegangan persegi per setengah siklus. Untuk mengubah tegangan keluaran yang efisien, lebar semua pulsa diperkuat atau dikurangi sambil menjaga *proporsionalitas* sinusoidal. Dengan PWM, hanya waktu pulsa yang berubah selama *amplitude*.

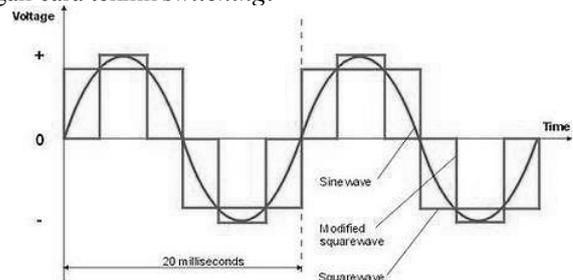


Gambar 4. Sinyal *seferensi* sinusoidal dan *carrier* segitiga serta sinyal PWM yang dihasilkan [4]

D. Inverter

Inverter adalah suatu *converter* yang merubah sistem tegangan DC menjadi tegangan AC dengan nilai tegangan dan frekuensi sesuai dengan kebutuhan. Jika tegangan DC dapat diatur, maka inverter dengan rasio tegangan DC dan AC yang tetap dapat digunakan. Namun bila tegangan DC masukan tidak dapat diatur, pengaturan tegangan keluaran inverter dapat diperoleh dengan menggunakan metode pengaturan modulasi lebar pulsa. [4]

Bentuk gelombang tegangan output dari sebuah inverter yang ideal membentuk gelombang sinusoidal, namun biasanya bentuk gelombang yang dihasilkan tidak membentuk gelombang sinusoidal yang sempurna dan memiliki kandungan harmonik. Untuk mengurangi nilai kandungan harmonik pada suatu inverter dapat dilakukan dengan cara teknik *switching*.



Gambar 5. Macam-macam sinyal output inverter [4]

E. Inverter FullBridge

Rangkaian *inverter fullbridge* berfungsi mengubah tegangan 24 VDC dari keluaran penyearah menjadi tegangan 220 VAC *frekuensi* 50Hz. Besar *frekuensi* dapat dilakukan dengan mengatur *periode* gelombang keluaran.

$$f = \frac{1}{T}(\text{Hz}) \quad (1)$$

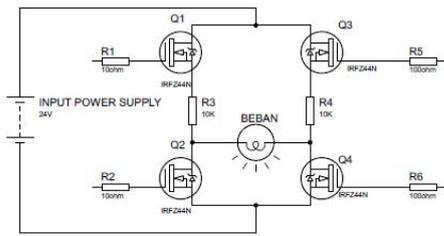
Keterangan :

$f = \text{Frekuensi (Hz)}$

$T = \text{Periode (ms)}$

Rangkaian *fullbridge converter* untuk mendesain *converter* yang baik diperlukan perhitungan nilai komponen-komponen yang tepat. Karena nilai komponen yang tidak tepat, dapat menyebabkan hasil output yang kurang baik, seperti adanya *ripple*, tegangan arus yang terlalu besar.

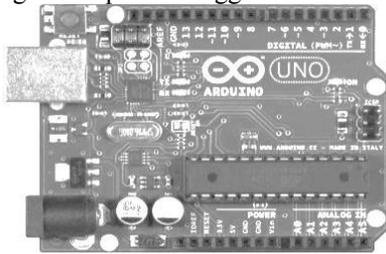




Gambar 6. Rangkaian inverter *fullbridge*[5]

F. Mikrokontroler Arduino Uno

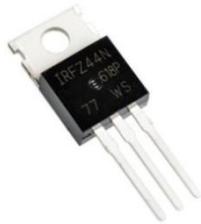
Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, *Crystal Osilator* 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu *men-support* mikrokontroler dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.[4]



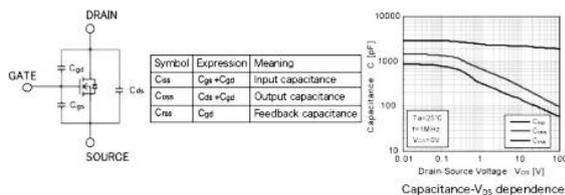
Gambar 7. Arduino Uno[6]

G. MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

MOSFET merupakan salah satu jenis FET (*Field Effect Transistor*) atau transistor efek medan. Terdapat beberapa jenis transistor yaitu JFET (*Junction Field Effect Transistor*) dan IGFET/ MOSFET. Secara umum kedua jenis transistor ini memiliki fungsi yang sama namun memiliki kelebihan dan kekurangan sesuai spesifikasi masing-masing.



Gambar 8. Struktur Penyusun MOSFET [7]



Gambar 9. *Gate-Source capacitance* pada konstruksi penyusun MOSFET[7]

H. IC Gate Driver IR2112

Mohammad Fauzi : Rancang Bangun Modul SPWM ...

Salah satu IC yang dapat digunakan sebagai *gate driver* adalah IR2112. IR2112 mengendalikan sepasang MOSFET dalam setiap *fase* pada inverter *fase* sisi tinggi dan sisi rendah. IR2112 dapat mengendalikan sepasang MOSFET yang bekerja pada tegangan mencapai 600V. Catu daya untuk tegangan *gate* berkisar antara 10V – 20V. IR2112 menerima tegangan logika pensaklaran dari 3.3V – 20V.

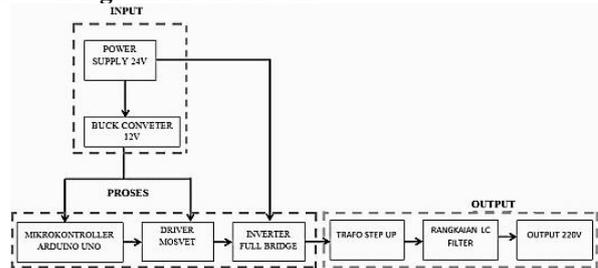


Gambar 10. Konfigurasi pin IR2112 dan Fungsi pin IR2112[7]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini di lakukan dengan Metode Penelitian dan Pengembangan merupakan salah satu metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan dan menguji keefektifan produk tertentu[4]. Penelitian pengembangan yang dilakukan oleh peneliti mengacu pada langkah langkah pengembangan menurut Borg & Gall.

A. Diagram Block Sistem

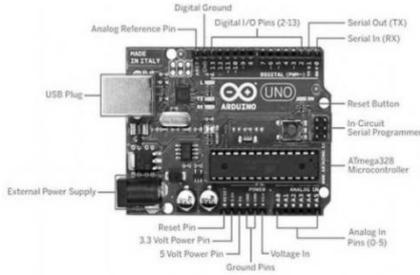


Gambar 11. Block diagram

1. *Power Supply* sebagai input tegangan yang di gunakan dalam proses kerja dari alat tersebut.
2. *Buck Coverter* sebagai penurun tegangan yang akan masuk ke mikrokontroler arduino ano dan *Vcc Driver* MOSFET IR2112 dengan input 12V.
3. Mikrokontroler arduino uno sebagai kontroller output sinyal SPWM.
4. *Driver MOSFET* sebagai penguat sinyal agar arduino uno bisa *switching* pada *Gate* MOSFET IRFZ44N.
5. *Inverter fullbridge* sebagai pengubah teganngan DC menjadi tegangan AC.
6. *Trafo Step Up* sebagai penaik tegangan yang di hasilkan dari *inverter* 24V DC menjadi 220 VAC.
7. Rangkain *LC filter* berfungsi sebagai *filter* tegangan pada trafo untuk mengurangi *Noise/Ripple*.

B. Perancangan Software



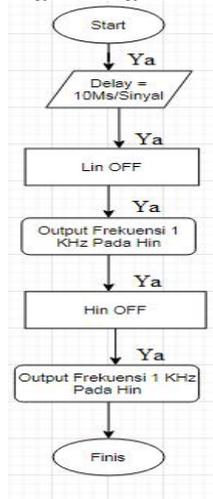


Gambar 12. Perancangan software pada arduino uno [6]

Pada perancangan software menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai output kontroler sinyal SPWM yang telah di buat di program arduino IDE, untuk pin yang di gunakan antara lain:

1. External power supply di hubungkan ke power supply 12V
2. Output power pin 5V di hubungkan ke Vdd IR2112
3. Output power pin 3.3V di hubungkan ke Vc IR2112
4. D2 sebagai output *Hin*
5. D3 sebagai output *Lin*

C. Flow Chat Perancangan Program



Gambar 13. Flow Chat perancangan program

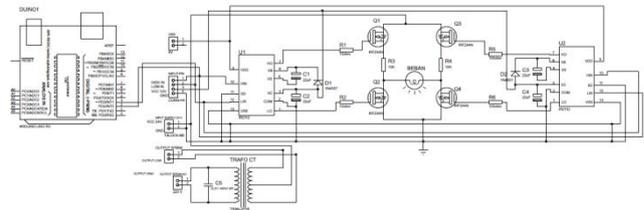
Penjelasan Flow Chat

1. Delay 10ms per sinyal. sinyal yang dihasilkan mempunyai 2 jenis sinyal yakni sinyal *HIGH* dan sinyal *LOW*. Apabila digabung akan membentuk sinyal dengan periode 20ms, dari periode ini dapat dihitung nilainya sesuai rumus $f = \frac{1}{T} (Hz)$ didapat frekuensi sebesar 50Hz sesuai dengan frekuensi listrik pada umumnya.
2. Lin OFF, mematikan sinyal pada kanal *LOW*. hal ini dilakukan agar tidak terjadi *short circuit*. Apabila sinyal *LOW* mati, maka sistem dapat mengeluarkan sinyal *HIGH*.

3. Output frekuensi 1KHz pada *Hin*, frekuensi ini adalah frekuensi spwm yang digunakan. Sistem akan mengeluarkan sinyal *HIGH* dengan frekuensi 1KHz dan dengan *duty cycle* tertentu.
4. *Hin OFF*, mematikan sinyal pada kanal *HIGH*, hal ini dilakukan agar tidak terjadi *short circuit*. Apabila sinyal *HIGH* mati, maka sistem dapat mengeluarkan sinyal *LOW*. Output frekuensi 1KHz pada *Lin*, frekuensi ini adalah frekuensi SPWM yang digunakan, sistem akan mengeluarkan sinyal *LOW* dengan frekuensi 1KHz dan dengan *duty cycle* tertentu.

D. Perancangan Rangkaian Elektronik Inverter FullBridge 1 Fase

Pada perancangan pembuatan hardware inverter ini tahap pertama yaitu inverter. inverter yang digunakan adalah inverter *fullbridge*.



Gambar 14. Rangkaian fullbrige 1 phasa

Cara kerja rangkaian *fullbridge* adalah dimana tegangan DC yang akan diubah menjadi tegangan AC, terdapat 4 mosfet yang akan digunakan yaitu Q1, Q2, Q3 dan Q4. Mosfet Q1 dan mosfet Q4 akan mati secara bersamaan, tegangan pada beban akan keluar, dimana arus listrik akan mengalir dari sumber ke mosfet Q1, beban, mosfet Q4 lalu ke sumber lagi. Mosfet Q1 dan mosfet Q4 akan aktif sedangkan mosfet Q2 dan mosfet Q3 akan mati, sehingga muncul beda tegangan antara beban dengan demikian arus akan mengalir dari sumber ke mosfet Q3, beban, mosfet Q2 lalu ke *Vin*. Jika dilakukan terus menerus akan mengakibatkan tegangan AC. Pada gambar 14 menjelaskan bahwa rangkaian tersebut mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan frekuensi 50Hz dengan menggunakan Mosfet tipe IRFZ44N.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Analisa data dan pembahasan ini dilakukan dengan diperolehnya data pengukuran pada alat sehingga diperoleh data secara *real* untuk ditulis di dalam laporan tugas akhir. Untuk Pengambilan data tersebut sebagai tolak ukur untuk mengetahui keberhasilan dalam pembuatan alat, maka perlu untuk dilakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat.

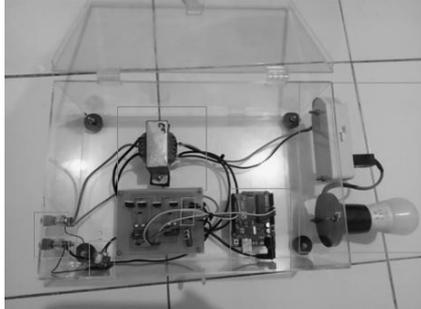
A. Hasil Pengujian dan Pengambilan Data Inverter

Hasil dari pengujian dan pengambilan data dari modul pembelajaran inverter. Data yang diambil dibagi
 p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



menjadi 3 bagian, yaitu: Pengujian output sinyal SPWM pada arduino uno, output sinyal pada rangkaian *driver* inverter, output sinyal setelah trafo, output pengujian sinyal tanpa beban, output sinyal keluaran dengan beban lampu 3 Watt.

- Hasil Rancang Bangun
Pada Gambar 16 merupakan gambar sistem dari Inverter. Rancang bangun inverter ini dirangkai untuk menerima input dari *power supply* 24V DC.



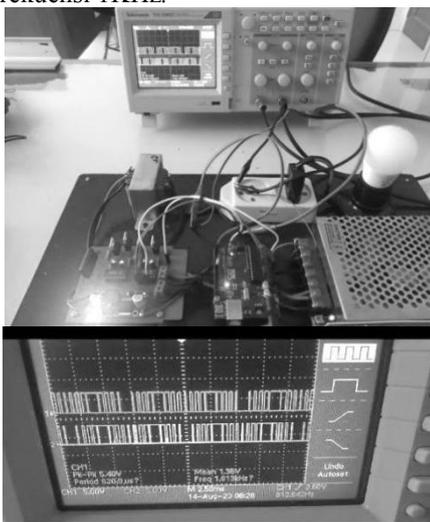
Gambar 16. Rancang bangun

Keterangan Gambar :

1. Input *power supply*
2. Modul *Buck Converter*
3. Input *driver* SPWM
4. Output rangkaian *inverter*
5. Mikrokontroler arduino uno
6. Trafo *Step Up dan Filter*
7. Beban lampu

B. Pengujian output arduino uno

Pengujian *output* arduino bertujuan untuk mengetahui sinyal *Hin* dan *Lin*. Pengujian tersebut dilakukan melalui proses perbandingan antara tampilan osiloskop dengan menggunakan rumus. Adapun pengujian frekuensi ini dengan membandingkan nilai frekuensi yang keluar dari tampilan osiloskop dengan rumus yang telah ada yaitu dengan menggunakan gambar panjang gelombang atau *periode* yang tampil pada osiloskop tersebut. Pada Gambar 17 merupakan gambar gelombang inverter yang memiliki nilai frekuensi 1KHz.



Gambar 17. Pengujian output arduino uno

RUMUS

$$f = \frac{1}{T} (\text{Hz}) \quad (2)$$

$$f=50\text{Hz}$$

(Frekuensi 50 Hz ini di ambil dari jala-jala PLN yang dimana sebagai acuan untuk membuat alat ini)

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 20 \text{ ms} \quad (3)$$

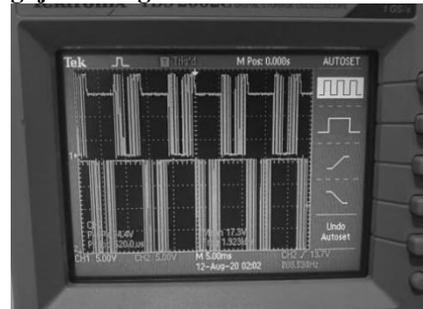
$$T = \frac{20}{2} = 10\text{ms} \quad (4)$$

$$\frac{10\text{ms}}{10} = 1\text{kHz} \quad (5)$$

(1KHz adalah perhitungan dari rumus dimana untuk output arduino uno berupa frekuensi sebagai switching driver mosfet IR2112)

Dari perhitungan berdasarkan rumus dengan tampilan osiloskop dapat disimpulkan bahwa perbandingan perhitungan osiloskop dengan perhitungan rumus selisih 0,613 sehinggadapat disimpulkan bahwa perhitungan frekuensi pada osiloskop sesuai dengan perhitungan rumus yang ada dengan nilai akhir yang bisa dibaca oleh osiloskop bernilai satu angka dibelakang koma.

C. Pengujian Rangkaian Driver



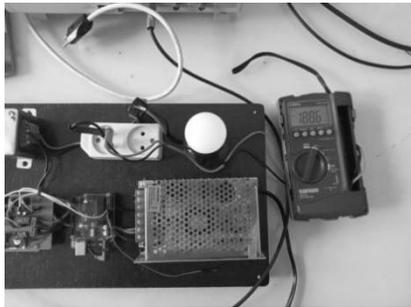
Gambar 18. Hasil pengujian rangkaian *driver*

Pada pengujian rangkaian rangkaian driver ini, pegujian yang dilakukan dengan menguji on/off pada MOSFET IRFZ44N. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara kerja dari MOSFET dalam proses *switching*. Sehingga dapat memberikan *trigger* on dan off pada MOSFET secara bergantian

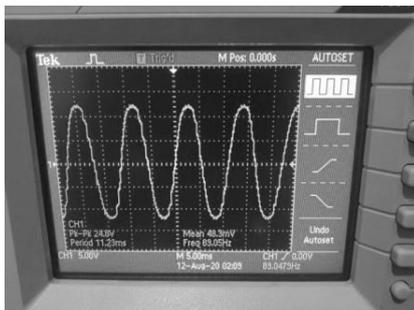
D. Pengujian Gelombang Keluaran Akhir dari Inverter

Pada gambar 19 di lakukan pengujian gelombang keluaran akhir inverter yaitu ingin mengetahui gelombang akhir yang dihasilkan oleh inverter, apakah gelombang yang dihasilkan berupa gelombang sinusoidal atau tidak, pada pengujian tanpa diberikan beban apapun dan dengan beban 3 Watt berupa lampu.



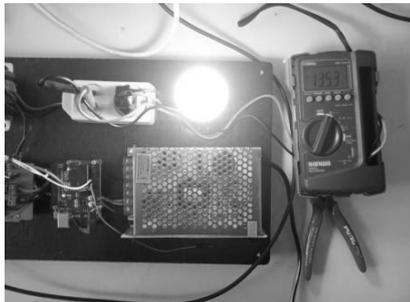


Gambar 19. Pengujian tegangan output inverter tanpa beban dan menggunakan multimeter

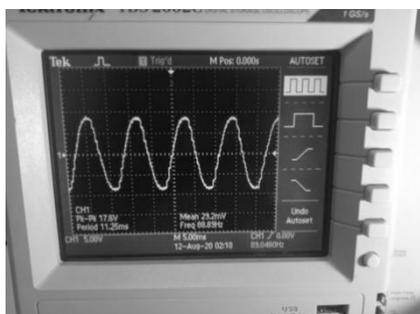


Gambar 20. Hasil pengujian output gelombang sinus inverter

Pada gambar 20 merupakan gelombang akhir inverter tanpa beban, gelombang yang dihasilkan yaitu Sinusoidal, Frekuensi 89,05Hz, dengan periode 11.23 ms. Tegangan keluaran sebesar 18.86 VAC dengan diperkecil 10x sehingga tegangan total keluaran frekuensi sebesar 186 VAC.



Gambar 21. Pengujian tegangan output inverter menggunakan multimeter dengan beban 3 Watt berupa lampu



Gambar 22. Hasil Pengujian gelombang sinus menggunakan beban 3 Watt berupa lampu

Pada gambar 20 merupakan Gelombang akhir inverter dengan diberikan beban sebesar 3 Watt berupa lampu gelombang yang dihasilkan yaitu sama sinusoidal

dengan frekuensi 88,89 Hz, tegangan keluaran sebesar 13,08 VAC dengan diperkecil 10x sehingga tegangan total keluaran inverter sebesar 138 VAC.

E. Pengujian Tegangan Keluaran Inverter

Pada pengujian tegangan keluaran inverter ini, adalah pengujian tegangan keluaran yang dihasilkan oleh inverter sebelum diberikan beban. Tegangan output yang diharapkan adalah sebesar 220 VAC.

TABEL 1
PENGUJIAN TANPA BEBAN VIN=24 V

No	Vin	Vout
1	24 VDC	188,6 VAC
2	24 VDC	188,5 VAC
3	24 VDC	187,4 VAC
4	24 VDC	189,3 VAC
5	24 VDC	188,0 VAC

Tabel 1 hasil pengujian tegangan keluaran inverter tanpa menggunakan beban dengan input tegangan 24 VDC. Hasil pengukuran tegangan keluaran inverter tanpa beban didapatkan nilai rata-rata 188.3 VAC.

TABEL 2
PENGUJIAN MENGGUNAKAN BEBAN 3 WATT
DAN VIN 24 VDC

No	Vin	Vout
1	24 VDC	135 VAC
2	24 VDC	134 VAC
3	24 VDC	133 VAC
4	24 VDC	135 VAC
5	24 VDC	134 VAC

Tabel.2 merupakan hasil pengujian tegangan keluaran inverter dengan menggunakan beban 3 Watt berupa lampu dengan input 24 VDC. Hasil pengukuran tegangan keluaran inverter tanpa beban didapatkan nilai rata-rata 135 VAC.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian dan analisa pada alat Rancang Bangun Modul Control SPWM Berbasis Arduino Uno, di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Output berupa gelombang SPWM, di dapatkan dari output frekuensi arduino uno yaitu 1KHz lalu terdapat IR2112 sebagai driver MOSFET untuk mengatur switching MOSFET IRFZ44N, IRFZ44N berfungsi untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC kecil 12 VAC kemudian terdapat trafo Step Up berfungsi untuk menaikkan tegangan 220 VAC
2. Telah berhasil dirancang sebuah inverter fullbridge 1 fasa dengan input 24 VDC dan output 183 VAC tanpa beban dengan frekuensi 89,05Hz, dan output frekuensi 1KHz dari arduino uno ketika ada beban output tegangan menjadi 135



VAC dengan frekuensi 88,89Hz.

B. Saran

Berdasarkan dari hasil perancangan alat dan analisa yang telah di lakukan maka saran yang dapat di berikan untuk pengembangan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan input DC 24V dengan arus 10 ampere agar output tegangan AC tidak *drop* terlalu besar ketika digunakan.
2. Pada saat pengerjaan alat lebih teliti, dalam pemilihan komponen karena jika salah atau kurang dalam pemilihan komponen dapat menyebabkan alat cepat mengalami kerusakan.
3. Untuk penelitian selajutnya dapat menggunakan mikrokontroler lain berupa Atmega 16, Raspbeery Pi dan mikrokontroler lainnya.

Pulse Width Modulation," *ELECTRICIAN-Jurnal Rekayasa dan Teknoklogi Elektro*, 2017.

REFERENSI

- [1] Airlangga A.A, M.Facta, Agung N" Perancangan Inverter FullBridge Sebagai Pengendali Kecepatan Putar Motor Penggerak Rotary SPARK GAP," *Jurnal TRANSIENT*, 2015.
 - [2] Andhika G., S.T.,M.T, Risky S.T, Subchan,Ph.D" Desain Inveter Satu Fasa 12V DC ke 220 V AC Menggunakan Rangkaian H- Bridge MOSFET," 2017.
 - [3] Baqrafi A.Y, Tole S" Pembangkit Sinyal SPWM Untuk Multilevel Inverter Satu Fasa Lima Tingkat Berbasis Mikrokontroler AT-Mega32," *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan informatika (JITEKI)*, vol.3, no.2, p.75, 2017.
 - [4] David S, Hamzah E, Arlenny" Desain Dan Analisis Inverter Satu Fase Berbasis Arduino Menggunakan Metode SPWM" *Jurnal Teknik*, vol.13, no.2, p.132, 2019.
 - [5] Jauhar I, Harry Yuliansyah, Muhammad R.K.A" Desain dan implementasi inverter satu fasa 400 watt dengan metode switching high frequency," *e-Journal*, 2019.
 - [6] Khairul A, Ira D.S, Sharizal" Desain dan Analisis Inverter Satu Fasa dengan Menggunakan Metode SPWM Berbasis Ardino," *Jurnal Online Teknik Elektro*, vol.2, no.4, p.39, 2017.
 - [7] M.Kusuma W, Irham f, Ahmad f" Rancang bangun inverter satu fasa SPWM dengan output tegangan dan frekuensi variable," *Jurnal Teknologi, Elektro, dan Kejuruan (TEKNO)*, vol.28, issue.1, p.10,2018.
 - [8] Novita D, Firmansyah N.B" Racang Bangun Inverter SPWM," *e-Journal*, 2009.
 - [9] Turahyo,Noviarianto" Implementasi Sinusoidal Pulse Width Modulation Pada Inverter Satu Fase Berbasis Lookup Table Menggunakan Mikrokontroler," *Jurnal SEMNASTEK*, 2017.
 - [10] Yustinus A.S, Ahmad S.S, Abdul H" Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit
- Mohammad Fauzi : Rancang Bangun Modul SPWM ...

