

# Modul Inverter Sinusoidal Pulse Width Modulation (Spwm) Unipolar Satu Fasa

Rizal Sabillah<sup>1</sup>, Fathoni<sup>2</sup>, Agus Pracoyo<sup>3</sup>

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

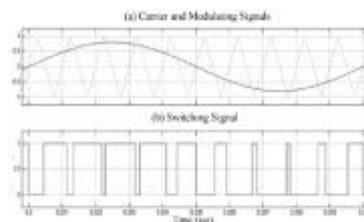
**Abstract** – Based on experiment, a DC-ac converter is designed in the form of an inverter. The inverter to be made is a pure sinusoidal inverter whose output voltage is greater than the input voltage. The inverter uses the SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation) technique as a switching process generated from the ATmega32 Microcontroller. The purpose of this design is to design a single phase full bridge inverter module with a variation of the output frequency and to adjust the switching mosfet to produce a sinusoidal wave output. The adjustable frequency ranges from 45 Hz -65 Hz. The methodology for making a single-phase full bridge inverter is to change the voltage from the battery or battery by 14VDC to 14Vac. Then the 14Vac voltage is increased with a step up transformer so that the 223Vac voltage is obtained. The results of the SPWM signal with 14VDC input obtained a voltage of 223Vac without load and 180Vac with a 30W motor load.

**Intisari**— Dalam penelitian ini dirancang suatu alat converter DC-ac yaitu berupa inverter. Inverter yang akan dibuat merupakan inverter sinusoidal murni yang tegangan output lebih besar dari tegangan input. Inverter menggunakan Teknik SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation) sebagai proses switching yang dibangkitkan dari Mikrokontroler ATmega32. Tujuan perancangan ini adalah untuk merancang modul inverter full bridge 1 fasa dengan variasi frekuensi output serta mengatur switching mosfet agar dihasilkan output gelombang sinusoidal. Frekuensi yang dapat diatur mulai mulai dari 45 Hz -65 Hz. Metodologi pembuatan inverter full bridge satu fasa adalah mengubah tegangan dari baterai atau aki sebesar 14VDC menjadi 14Vac. Kemudian tegangan 14Vac tersebut dinaikkan dengan trafo step up sehingga didapatkan tegangan 223Vac. Hasil dari sinyal SPWM dengan masukan 14VDC didapatkan tegangan sebesar 223Vac tanpa beban dan 180Vac dengan beban motor 30W.

**Kata Kunci**— Inverter, SPWM, Variasi Frekuensi, ATmega32

## I. PENDAHULUAN

Inverter merupakan rangkaian pengubah tegangan DC menjadi tegangan ac. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220Vac.



Gambar 1 : Pembentukan SPWM[11]

Penguat daya pada inverter SPWM ini menggunakan rangkaian 4 buah saklar semikonduktor seperti terlihat dalam Gambar 2. Prinsip kerja dari saklar ini adalah aktif berpasangan silang.  $S_1$  dan  $S_4$  mendapatkan gelombang pulsa yang sama begitu pula dengan  $s_2$  dan  $s_3$  juga mendapatkan gelombang pulsa yang sama. Dengan cara tersebut maka polaritas di titik A dan B akan selalu berbalikan. Pada terapan inverter dengan input SPWM unipolar, pasangan saklar  $S_1$  dan  $S_4$  bekerja pada setengah periode sinus positif sedangkan pasangan saklar  $S_2$  dan  $S_3$  bekerja untuk setengah periode negatif.

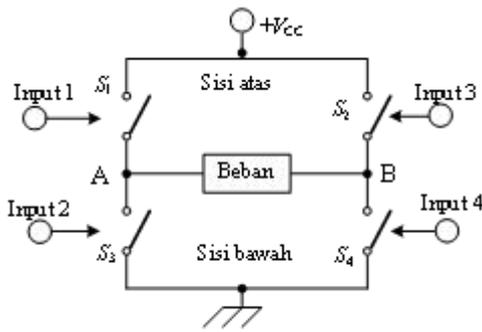
Di Teknik elektronika, saklar yang digunakan dapat bermacam macam. Antara lain, BJT, MOSFET, maupun IGBT. Penggunaan saklar BJT akan merubah driver penggerak nya juga, sehingga dalam penelitian ini driver IR2110 dikhususkan untuk saklar jenis mosfet dan IGBT.

<sup>1</sup>Rizal Sabillah adalah mahasiswa jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, email : rizalsabillah16@gmail.com

<sup>2</sup>Fathoni adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Malang, e-mail: pakfapirus@yahoo.com

<sup>3</sup>Agus Pracoyo adalah dosen Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, e-mail: agus.pracovo@polinema.ac.id





Gambar 2 : H-bridge [5]

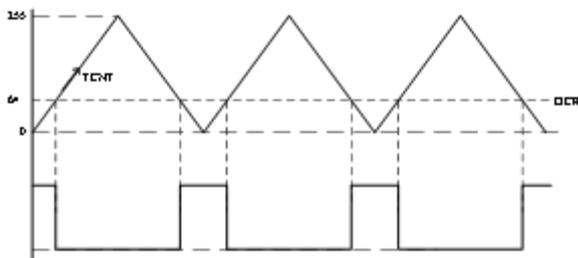
Penggunaan jenis kanal mosfet yang sama pada rangkaian H-bridge akan menyebabkan konfigurasi atas dan bawah berbeda. Konfigurasi sisi atas dinamakan *common drain (CD)* dan konfigurasi sisi bawah dinamakan *common source (CS)*. Dengan konfigurasi penggerak yang berbeda namun dengan input sama sama aktif high menyebabkan kebutuhan amplitudo sedikit berbeda. Sisi atas akan membutuhkan input lebih tinggi daripada sisi bawah..[3]

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Inverter SPWM Unipolar

Sinyal SPWM dapat dibangkitkan menggunakan Mikrokontroler. Cara ini adalah cara yang paling sederhana secara hardware, karena didukung dengan software. Dengan demikian kerumitan hardware dapat dikompensasi oleh software yang secara fisik akan mengurangi dimensi dan penyerapan daya.

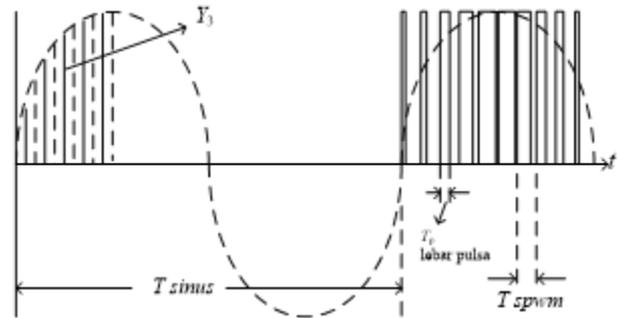
Didalam pembangkitan sinyal PWM ini, mikrokontroler ATMEL ATmega menggunakan mode fast PWM yaitu sinyal termodulasi berbentuk segitiga seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 : Pembentukan Pwm Pada Atmega32[5]

Pembentukan gelombang SPWM dengan mikrokontroler ATmega32 dilakukan dengan mencacah gelombang sinus yang di dapat dari pemberian nilai OCR, dan pencacah nya yaitu gelombang segitiga yang berasal dari mikrokontroler itu sendiri. Dari pencacahan tersebut akan dihasilkan nilai pwm yang berbeda lebar pulsanya,

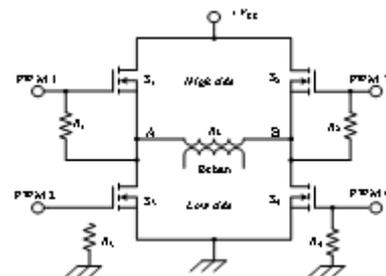
dengan nilai lebar pulsa tertinggi ada pada sudut mendekati 90°. Prinsip kerja pencacahan dapat dilihat dari Gambar 4.



Gambar 4 : Pencacahan Gelombang Sinus[5]

B. Rangkaian H bridge

Pada rangkaian H-bridge dapat menggunakan mosfet dengan konfigurasi kanal yang sama ataupun berbeda. Ketika menggunakan kanal yang sama, konsumsi Amplitudo pada sisi atas dan sisi bawah akan berbeda. Dengan asumsi tersebut, maka diperlukan sebuah penggerak yang mampu menghasilkan nilai amplitudo yang diperlukan ketika menggunakan konfigurasi kanal yang sama.



Gambar 5 : Rangkaian H-bridge Mosfet[6]

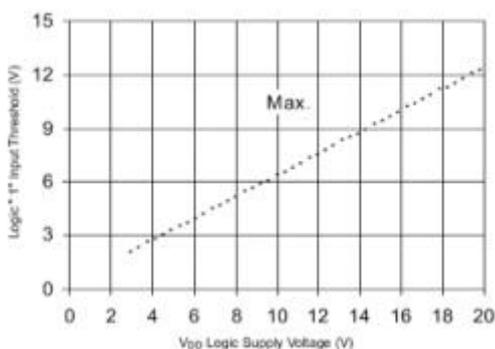
C. Rangkaian Driver MOSFET

IC IR2110 merupakan Ic untuk driver H-bridge mosfet, yang mana Ic ini nanti berfungsi mengatur high atau low sinyal yang akan di terima oleh mosfet. HIN dan LIN merupakan input logika. Ketika sinyal HIGH ke HIN, maka akan menggerakkan Mosfet sisi tinggi, yang berarti output sisi tinggi akan disediakan oleh HO. Ketika sinyal HIGH ke LIN, maka akan menggerakkan Mosfet sisi rendah. IC IR2110 mempunyai keunggulan double voltage dimana besar tegangan yang keluar dari HO akan lebih besar daripada besar tegangan yang keluar dari LO.



Rangkaian bootstrap(dioda dan kapasitor) yang membuat HO lebih tinggi sebesar VB. IC ini memang di rancang khusus untuk rangkaian H-bridge dengan mosfet yang sama yaitu kanal N.

VCC merupakan supply sisi rendah pada IR2110. Dan pada datasheet VCC IR2110 maksimal mampu hingga 25V. SD akan selalu di GND. Dikarenakan SD digunakan sebagai control shutdown. Ketika SD berada di pin rendah, maka IR2110 diaktifkan dan fungsi shutdown di non-aktifkan. Ketika pin ini tinggi, output dimatikan dan menonaktifkan IR2110. berikutnya VDD. VDD merupakan supply ke IR2110. Bisa diantara 3V hingga 20V dengan mengacu pada VSS. Tegangan aktual yang dipilih tergantung pada level tegangan sinyal input yang digunakan. berikut grafiknya :



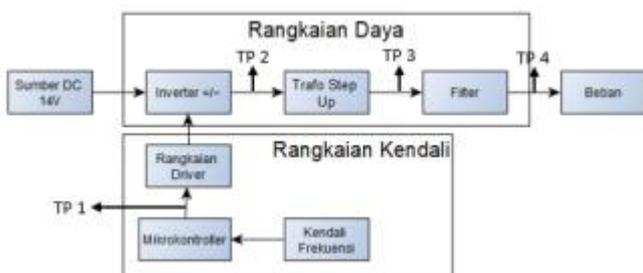
Gambar 6 : Grafik VDD dengan Input[7]

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Diagram Blok Sistem

Diagram blok rangkaian inverter dengan pengaturan frekuensi output ditunjukkan dalam Gambar 7.

Terdapat 4 test point (TP) untuk pengamatan bentuk gelombang saat digunakan sebagai modul praktikum.



Gambar 7 : Diagram Blok Rangkaian Inverter

Pengubah frekuensi output menggunakan rotary encoder dengan cara memutar ke kanan untuk naik atau

ke kiri untuk turun. Kemudian setelah lampu indicator menunjukkan pilihan frekuensi tombol push button ditekan agar frekuensi berpindah ke pilihan yang diinginkan.. Terdapat 5 pilihan frekuensi output yaitu, 45, 50, 55, 60 dan 65 Hz.

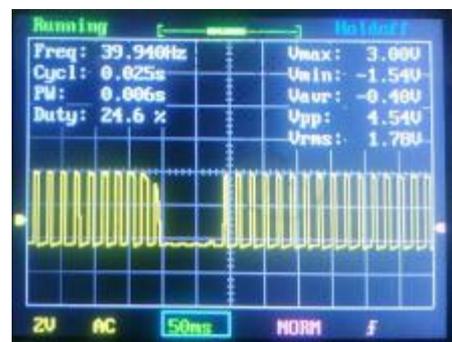
#### B. Pembangkitan SPWM Unipolar

Jika setengah periode di cuplik sebanyak 31 kali maka  $180^\circ/\text{cuplikan} = 180^\circ/31$ . Nilai tertinggi adalah pada saat  $X = 90^\circ = 1$ . Jika digunakan resolusi 16 bit, maka 1 setara dengan nilai TOP pada ICR1.

Mode yang digunakan dalam pembentukan SPWM ini adalah fast PWM. Penentuan frekuensi osilator telah dipilih yakni sebesar 16Mhz dan frekuensi switching SPWM sebesar 16khz. Penentuan titik puncak atau TOP sebesar 999 sehingga di dapatkan persamaan sebagai berikut :

$$f_{\text{pwm}} = f_{\text{osc}} / (N(1+TOP)) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} f_{\text{pwm}} &= 16.000.000 / (1(1+999)) \text{ Hz} \\ &= 16.000.000 / 1000 \text{ Hz} \\ &= 16\text{kHz} \end{aligned}$$



Gambar 8 : Bentuk Gelombang Hasil Pemrograman

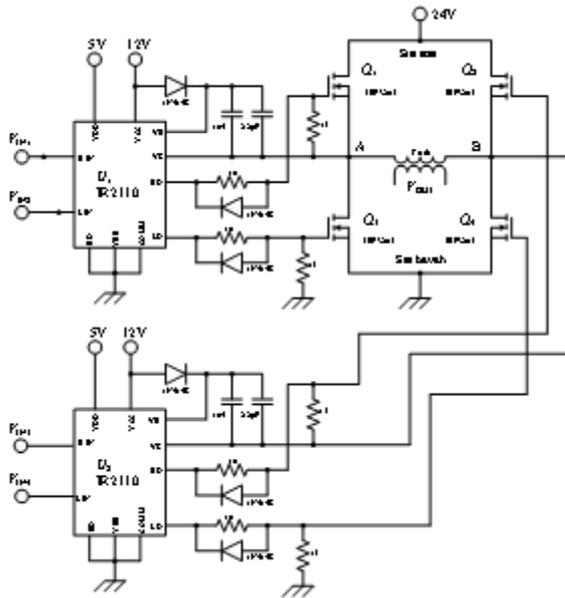
Bentuk gelombang SPWM hasil pemrograman ditunjukkan dalam Gambar 8.

#### C. Rangkaian H bridge MOSFET Kanal N

Skema rangkaian H-bridge ditunjukkan pada gambar 9. Setiap input mendapatkan masukan dari output mikrokontroler ATmega32. Input VIN1 dan VIN4 akan memberikan output gelombang setengah perioda positif dan output VIN2 dan VIN3 akan memberikan output setengah gelombang perioda negatif.



Tundaan waktu hantar sisi naik pulsa atau *dead time* diperlukan untuk menghindari terjadinya hubung singkat saklar segaris (*shootthrough*). Tundaan tersebut sudah menjadi fitur dari penggerak MOSFET IR2110. Berdasar lembar data, *delay matching* adalah 10 ns.[4]



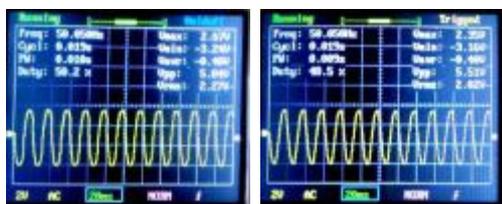
Gambar 9 : Diagram Blok Rangkaian Inverter[6]

IV. HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini, akan dijabarkan hasil penelitian yang dirancang, yang meliputi bentuk gelombang hasil cacahan inverter tanpa beban dan dengan beban , nilai tegangan tanpa beban dan dengan beban, serta efisiensi dari inverter.

A. Pengujian Gelombang keluaran Inverter

Pengamatan bentuk gelombang output untuk mengetahui frekuensi dan tegangan dilakukan dengan oscilloscope DSO-150. Bentuk gelombang pada frekuensi 50Hz(kiri) dan gelombang PLN(kanan) ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10 : Bentuk Gelombang Sinyal Dan Pln

Berdasarkan hasil bentuk gelombang diatas, terlihat bahwa bentuk gelombang hasil inverter belum sempurna sinus atau cacat. Kemungkinan bentuk gelombang cacat

dikarenakan kurang rapatnya jumlah cacahan yang pada pemrograman SPWM.

B. Pengujian Tegangan Keluaran Inverter

Tegangan efektif output tidak sama saat tanpa beban dan dengan beban motor kipas 30 watt. Pengukuran dengan voltmeter digital, tegangan tanpa beban adalah 225 volt sedangkan dengan beban adalah 151 volt. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

TABEL I  
 KELUARAN INVERTER TANPA BEBAN

NO	Waktu(detik)	Output sebelum trafo	Vin (VDC)	Vout (Vac)
1	10	13,95	14,15	231
2	20	13,95	14,15	231
3	30	13,95	14,15	231
4	40	13,95	14,15	231
5	50	13,95	14,15	231

TABEL II  
 KELUARAN INVERTER DENGAN BEBAN

NO	Waktu(detik)	Output sebelum trafo	Vin (VDC)	Vout (Vac)
1	10	9,2	14,15	151
2	20	9,2	14,15	150
3	30	9,2	14,15	151
4	40	9,2	14,15	151
5	50	9,2	14,15	151



Pada tabel diatas, penurunan tegangan terjadi saat inverter diberikan beban. Hal ini dikarenakan inverter yang dibuat belum memiliki feedback sebagai control tegangan nya.

Stabilisasi tegangan output dapat dilakukan pada jalur dc input dengan umpan-balik dari tegangan output. Pengaturan dapat dilakukan secara linier maupun switching dengan konverter.

### C. Efisiensi Inverter

$$P_{in} = V * I \quad (2)$$

$$= 14 * 1,34$$

$$= 18,76 \text{ W}$$

Output :

$$P_{Out} = V * I * \cos \theta \quad (3)$$

$$= 144 * 98\text{mA} * 1$$

$$= 14,112 \text{ W}$$

$$\text{Efisiensi} = P_{Out} / P_{In} * 100 \quad (4)$$

$$= 14,112 / 18,76 * 100$$

$$= 75\%$$

Dari hasil tersebut, Inverter ketika diberi beban 30W dan menggunakan trafo step up engkel 5A mendapatkan efisiensi sebesar 75%.

## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

1. Dari mengatur switching motor agar didapatkan keluaran dari inverter gelombang SPWM dengan ATmega32, hasil dari tegangan dengan masukan 14.15 didapatkan output tegangan tanpa beban sebesar 231Vac dan dengan beban motor 30W sebesar 151Vac

2. Drop tegangan terjadi dikarenakan pemilihan mosfet, yang tergantung dari hambatan dalam mosfet, dan juga trafo step up mempengaruhi besarnya drop tegangan, dan juga belum terdapat feedback yang mengatur tegangan input inverter.

3. Dengan trafo engkel 5A yang digunakan, efisiensi daya yang dihasilkan dari inverter sebesar 75%.

### B. Saran

Pemahaman lebih mendalam tentang inverter sangat

diperlukan pada penelitian ini, agar hasil yang di keluarkan sesuai dengan yang diharapkan. Dan juga diperlukan trafo khusus inverter sehingga drop tegangan bisa terminimalisir.

## REFERENSI

- [1] Alfianto, Yayan. "Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Menggunakan Metode SPWM Bipolar". Lampung. 2019.
- [2] Aqidatul, Izzah. "Rancang Bangun dan Analisis Inverter Full Bridge 1 Fasa dengan Berbagai Variasi Input Menggunakan SPWM(Sinusoidal Pulse Width Modulation)". 2017.
- [3] Andras Tantos, H Bridge Drivers, modularcircuits.com.. Unduh Juli 2020
- [4] *ATmega32A datasheet* Atmel Corporation Available: <http://www.atmel.com>. Unduh Juli 2020
- [5] Fathoni, dkk, "Rancang Bangun Rangkaian Inverter SPWM Unipolar 1 Fasa dengan Pengaturan Frekuensi" Output.Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi, 2019.
- [6] Fathoni, *Modul Ajar Elektronika Daya*. Politeknik Negeri Malang, 2014.
- [7] *High and Low Side Driver IR2110 Datasheet*, International Rectifier, [www.irf.com](http://www.irf.com) Unduh Juli 2020
- [8] Nurhidayah, Santi. Implementasi Buck Dan Boost Konverter Untuk Inverter 1 Fasa. Santi Nurhidayah. 2018.
- [9] Teknik, Elektronika. "Jenis Jenis Komponen Elektronika beserta Fungsi dan Simbolnya". 2015
- [10] Wahyuringtiyas, Febriyani, Widia Implementasi Inverter 1 Fasa Untuk Pengendali Motor Ac 1 Fasa. 2018.
- [11] Yohan Fajar Sidk, F Danang Wijaya dan Eka Frmansyah, "Sinusoidal Pulse Width Modulation berbasis Lookup Table Untuk Inverter 1 Fase Menggunakan 16-bit Digital Signal Controller , Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)". 2016.
- [12] *SPWM Signal Trianguler Carrier Signal*. Unduh Juli 2020.

