

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL PADA KOMPRESOR TEKANAN UDARA SEBAGAI PENGISI UDARA UNTUK BAN KENDARAAN

Kukuh Wahyu Budi Kusumawardana, Irianto, Mohammad Zaenal Efendi

Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

Telp : +62+031+5947280; Fax. +62+031+5946011

ABSTRAK

Perkembangan teknologi membuat masyarakat membutuhkan alat yang beroperasi secara otomatis dan efisien. Oleh karena itu penulis memanfaatkan fungsi dari inverter satu fase untuk mengontrol kecepatan putaran motor. Tujuan proyek akhir ini antara lain membuat sistem kontrol pada kompresor yang siap digunakan setiap waktu, membuat *hardware* dan *software* sistem kontrol pada kompresor tekanan udara sebagai pengisi udara ban kendaraan serta membuat sistem kontrol pada kompresor tekanan udara sebagai pengisi udara pada kendaraan sehingga menjadi lebih efisien. Metode yang dipakai yaitu inverter *single phase full bridge inverter* dengan menggunakan metode *switching SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation)*. Input tegangan inverter berasal dari *rectifier* (tegangan jala-jala yang disearahkan). Frekuensi tegangan output inverter dapat diatur (variabel) melalui program dari mikrokontroler berdasarkan pembacaan sensor. Pulsa keluaran dari mikrokontroler sebagai *drive* IGBT tidak langsung dihubungkan dengan IGBT tetapi melalui rangkaian *optocoupler*. Rangkaian tersebut berfungsi sebagai rangkaian pemisah elektrik antara tegangan rendah dengan tegangan tinggi. Sistem kontrol pada kompresor yang dibuat belum dapat mengontrol kecepatan motor pada kompresor. Dikarenakan inverter yang telah dibuat memiliki gelombang tegangan output yang tidak sinusoida, maka hanya mampu untuk beban linier yaitu lampu pijar 60 Watt, 100 Watt dan beban motor 125 watt. Proses pengisian tekanan ban kendaraan menjadi lebih efisien disebabkan pada saat proses pengisian tekanan ban kendaraan hanya dilakukan satu kali dan tidak membutuhkan ulangan. Apabila *setting* tekanan 30 psi maka tekanan pada ban adalah 31, 5 psi. Diperoleh selisih tekanan setting point dengan tekanan pada ban adalah 1,5 psi

Kata kunci: inverter satu fase, kompresor, motor induksi 1 fase, sistem kontrol, SPWM

ABSTRACT

Technology development make the society need \tool that operated automatically and efficient. Because of that the author is trying to make method with utilize the function of single phase inverter to control the speed of motor circle. The purpose of this project are make control system in compressor that ready to used every time, make control system hardware and software in air pressure compressor to fill air in vehicle tire, and make control system in air pressure compressor to fill air in vehicle tire more efficient. The method in this project is using single phase full bridge inverter with SPWM switching method. Inverter input voltage emanating from rectifier. Inverter output voltage frequency can arrange by program from microcontroller based on sensor measuring. Output pulse from microcontroller as IGBT drive not immediately interlinked with IGBT but by optocoupler series. That series function is as electricity series arbiter between low voltages with high voltages. Control system in compressor has not been control the motor speed in compressor. That caused by inverter that has been made had output voltage not sinusoidal wave so just able for linier load that is 60 Watt bulb,100 Watt bulb and motor 125 Watt. Whereas for the process of fill air in vehicle tire be more efficient because the process just doing in one time and didn't need repeating. If pressure setting is 30 psi so tire pressure is 31,5 psi. The difference of setting point pressure with tire pressure is 1,5 psi.

Keyword: compressor, control system, single phase inverter single phase induction motor, SPWM

1. Pendahuluan

Dengan semakin berkembangnya teknologi, maka masyarakat akan mencari segala sesuatu yang otomatis dan sederhana untuk menunjang perkembangan teknologi tersebut. Namun dalam kenyataannya dalam masyarakat masih banyak menggunakan sistem manual dalam kehidupan sehari-harinya. Contohnya adalah pengisian tekanan udara ban, penggunaan kompresor yang tidak didukung oleh sistem yang

otomatis maka tiap dilakukan pengisian tekanan ban akan membuat pekerjaan tidak efisien. Berbeda contoh yang sudah dijelaskan penulis berusaha mengangkat metode lain yang memanfaatkan fungsi dari inverter satu phasa untuk mengontrol kecepatan putaran dari motor. Motor akan memberikan tekanan yang bertahap pada kompresor. Kecepatan motor ini akan diumpambalikkan menuju inverter melalui sensor tekanan yang akan memberi sinyal ke

mikrokontroler/op-amp untuk mengontrol sistem penyulutan sudut pada inverter satu phase. Dalam penentuan setting point tekanan udara pada ban maka digunakan sensor tekanan. Sinyal dari sensor tekanan akan dikirim ke mikrokontroler untuk diproses. Apabila dalam sistem ini terjadi tekanan melebihi setting point yang telah ditentukan maka akan dibuang melalui solenoid valve/katup solenoid.

2. Metode Penyulutan Inverter satu phase

Dalam banyak pemakaian industri sering dibutuhkan pengontrolan tegangan output inverter :

- (1) Untuk mengatasi variasi tegangan input DC,
- (2) Untuk pengaturan tegangan dari inverter dan
- (3) Untuk permintaan kontrol tegangan atau frekuensi yang tetap

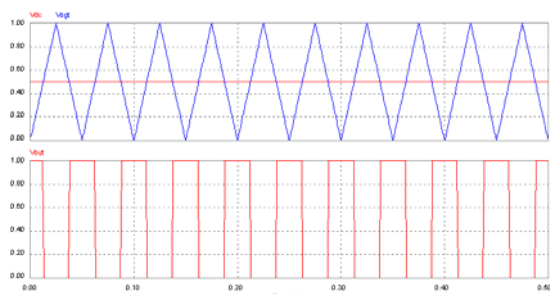
Terdapat banyak teknik atau metode *switching* yang digunakan sebagai penyulutan komponen *switch* pada inverter. Teknik yang sering digunakan ialah :

- 1) Pembangkitan gelombang persegi.
- 2) *Multiple Pulse Width Modulation*.
- 3) *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (Unipolar dan Bipolar)

2.1 Pembangkitan Gelombang Persegi

Pada kontrol gelombang persegi, hanya terdapat satu periode positif dan negatif per setengah siklus dan besar frekuensi bergantung dari besar frekuensi dari sinyal pembawa, untuk mengontrol tegangan output inverter. Pengelompokan sinyal dikerjakan dengan membandingkan sebuah sinyal referensi sumber DC amplitudo A_r , dengan amplitudo gelombang pembawa segitiga, A_c . Frekuensi sinyal pembawa menunjukkan frekuensi dasar tegangan output.

Metode pembangkitan gelombang persegi ini dapat dilihat pada Gambar 2.0.

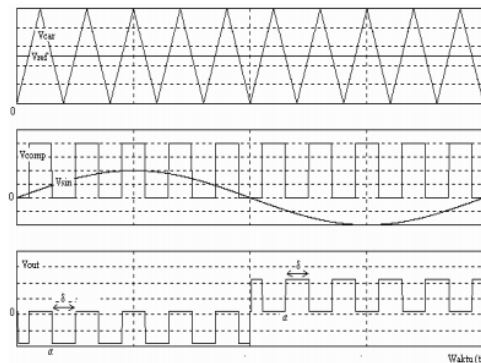


Gambar 2.0 Proses pembangkitan gelombang persegi

2.2 Multiple Pulse Width Modulation

Pembangkitan multi PWM dapat dilihat pada Gambar 2.1. Harmonisa yang ditimbulkan oleh inverter dapat dikurangi dengan menggunakan beberapa pulsa pada masing-masing setengah periode tegangan output. Dengan membandingkan sinyal referensi dengan sebuah gelombang

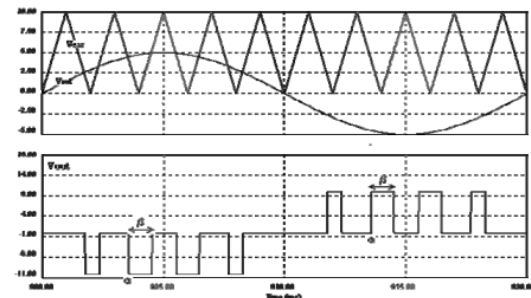
pembawa segitiga. Frekuensi sinyal referensi mengatur frekuensi output, f_o , dan frekuensi pembawa, f_c .



Gambar 2.1 Pembangkitan gelombang Multiple PWM¹

2.3 Sinusoidal PWM Unipolar

Disamping mengatur lebar semua pulsa sama seperti pada multiple PWM, lebar masing-masing pulsa bermacam-macam dalam proporsi amplitudo gelombang sinus yang dievaluasi pada pulsa-pulsa yang sama. Faktor distorsi dan harmonisa orde rendah dikurangi secara drastis. Pengelompokan sinyal seperti diperlihatkan pada Gambar 2.4 dikerjakan dengan membandingkan sinyal referensi sinusoida dengan frekuensi gelombang pembawa segitiga, f_c . Tipe modulasi ini biasanya digunakan pada aplikasi industri dan disingkat SPWM. Frekuensi sinyal referensi, f_r menunjukkan frekuensi output inverter, f_o , dan amplitudo puncaknya, A_r , mengatur indeks modulasi, m , dan menentukan tegangan output rms, V_o . Besar pulsa per setengah siklus bergantung pada frekuensi pembawa. Dengan pemaksaan dua transistor dengan lengan yang sama (Q1 & Q4) tidak terbias bekerja pada waktu bersamaan, tegangan output. Pengelompokan sinyal yang sama dapat dijalankan dengan menggunakan gelombang pembawa segitiga sama kaki seperti ditunjukkan Gambar 2.2



Gambar 2.2 Pembangkitan Unipolar SPWM²

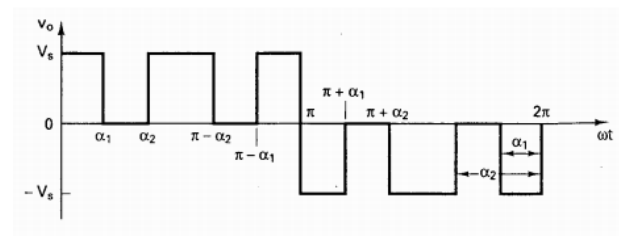
¹ Muhammad H. Rashid, " Power Electronics Circuits, Devices, and Application 2nd ",hal.22

² Ibid., hal.23

Tegangan output rms dapat diubah dengan mengubah indeks modulasi, m . Hal ini dapat diamati bahwa daerah masing-masing pulsa berhubungan mendekati daerah dibawah gelombang sinus diantara mendekati titik tengah periode off pada pengelompokan sinyal. Jika δ_m ialah lebar pulsa m_{th} , persamaan (2.6) dapat digunakan untuk mencari tegangan rms output :

$$V_0 = V_s \left[\sum_{m=1}^p \frac{\delta_m}{\pi} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Untuk harmonisa dari bentuk gelombang SPWM di atas, besar harmonisa orde tertentu dapat dieliminasi atau direduksi. Dengan melihat bentuk gelombang dari SPWM seperti Gambar 2.3 di bawah :

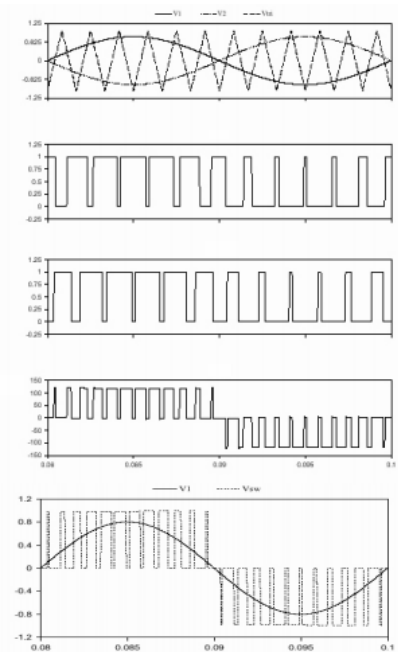


Gambar 2.3 Gelombang SPWM³

2.4 Sinusoida PWM Bipolar

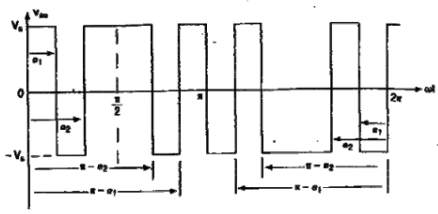
Bentuk gelombang dari pada Sinusoida PWM bipolar sebenarnya hampir sama dengan bentuk gelombang dari tegangan persegi (*square wave*). Bedanya, pada gelombang sinusoida PWM bipolar terdapat perbedaan lebar pulsa pada fase positif dan fase negatifnya, dan akan periodik sesuai dengan frekuensi dari tegangan referensinya. Bentuk gelombang sinusoida PWM bipolar ini diperoleh dengan mengkomparasi antara gelombang segitiga (*triangle wave*) dengan gelombang sinusoida murni. Lebar dari pada fase positif dan fase negatifnya dapat diatur dengan mengontrol besarnya indeks modulasi, yaitu perbandingan amplitudo dari tegangan *carrier* (gelombang segitiga) terhadap amplitudo tegangan referensi (gelombang sinusoida murni).

Proses terjadinya bentuk gelombang sinusoida PWM bipolar ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut :



Gambar 2.4 Pembentukan Gelombang SPWM Bipolar⁴

Dari bentuk gelombang sinusoida PWM bipolar ini, besar harmonisa orde tertentu dapat direduksi dengan menentukan derajat dan lebar dari masing-masing fasa positif dan negatifnya. Dengan melihat bentuk gelombang dari sinusoida PWM bipolar seperti Gambar 2.5:

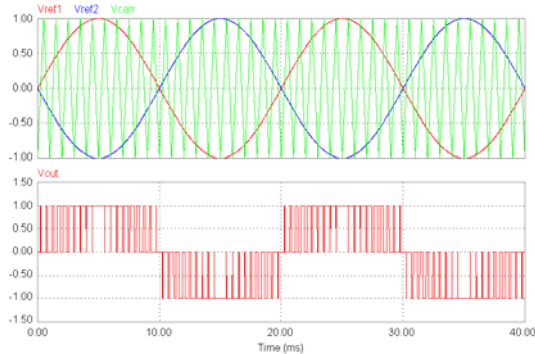


Gambar 2.5 Tegangan Output SPWM Bipolar Per Setengah Siklus⁵

³ Baharuddin Bin Ismail, " Design and Development Of Unipolar SPWM Switching Pulses For Single Phase Full Bridge Inverter Application", University Sains Malaysia, 2008, hal.24

⁴ Ibid, hal.21
⁵ Ibid, hal.25

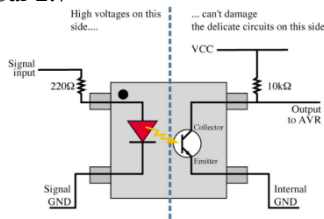
Metode pembangkitan gelombang Sinusoidal PWM dapat dilihat pada Gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6. Pembangkitan Gelombang Sinusoidal PWM

2.4 Optocoupler

Optocoupler atau optotransistor merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on-off. *Opto* berarti *optic* dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan pemicu cahaya optic. *Optocoupler* termasuk dalam sensor, yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. Dasar rangkaian *optocoupler* ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7. Rangkaian Dasar Optocoupler⁶

Bagian pemancar atau *transmitter* dibangun dari sebuah infra led merah untuk mendapatkan ketahanan yang lebih baik terhadap sinar tampak daripada menggunakan led biasa. Sensor ini bisa digunakan sebagai isolator dari rangkaian tegangan rendah ke rangkaian bertegangan tinggi.

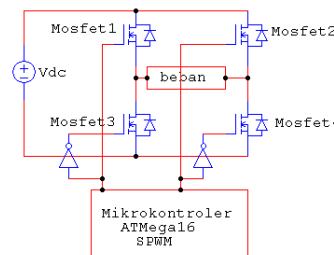
Rangkaian ini digunakan sebagai pemisah antara rangkaian penyulut atau mikrokontroler dengan rangkaian inverter. Inverter tegangan DC ke AC bekerja pada tegangan tinggi, sedangkan rangkaian mikrokontroler yang digunakan sebagai penyulut hanya menggunakan tegangan rendah sebagai sinyal pembentuk triger. Oleh karena itu perlu rangkaian untuk memisahkan kedua rangkaian tersebut. Sehingga apabila terjadi

gangguan pada inverter , tidak sampai merusak rangkaian penyulut atau mikrokontroler.

3. PERANCANGAN & ANALISA SISTEM

3.1 Single Phase Full Bridge Inverter

Dalam hal ini, *single phase full bridge inverter* digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Gambar perencanaan inverter secara lengkap ditunjukkan pada Gambar 3.1. Pada *single phase full bridge inverter* menggunakan metode *switching* SPWM (*Sinusoidal Pulse Width Modulation*) yang dibangkitkan dengan menggunakan mikrokontroler ATMEGA16 (secara digital). *Drive switching* dari mikrokontroler tidak langsung disambungkan ke IGBT (inverter) tetapi melalui *optocoupler* dan *totempole*. *Optocoupler* digunakan sebagai pemisah antara Mikrokontroler dengan IGBT *Single Phase Full Bridge Inverter*. Dengan rangkaian *optocoupler* Mikrokontroler sebagai pembangkit SPWM utama terhindar dari kerusakan , apabila terdapat arus balik dari rangkaian *Single Phase Full Bridge Inverter*. Rangkaian *totempole* digunakan untuk melakukan *switching* atau perubahan kondisi dari *low* ke *high* dengan cepat. Inverter ini di desain dengan frekuensi 50 Hz dan tegangan output inverter 220 Vac.



Gambar 3.1 Rangkaian Single Phase Full Bridge Inverter dengan Penyulut SPWM

Keluaran tegangan inverter dapat diperoleh dari perhitungan :

$$V_0 = \left[\frac{2}{T_0} \int_0^{T_0/2} V_s^2 dt \right]^{1/2} V_s \dots\dots\dots(3.1)$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_p^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi/2} \int_0^{\pi/2} V_p^2 dt}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi/2} \cdot V_p^2 t \Big|_0^{\pi/2}}$$

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{2}{\pi} \left[(V_p^2 \cdot \pi/2) - (V_p^2 \cdot 0) \right]}$$

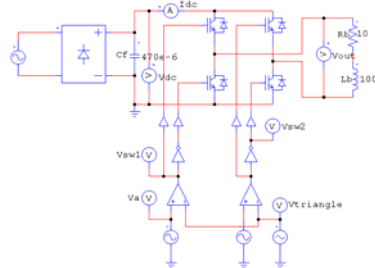
⁶ “Optocoupler”,google.com, forum.hackedgadgets.com

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{2}{\pi} \left[\left(V_p^2 \cdot \pi/2 \right) \right]}$$

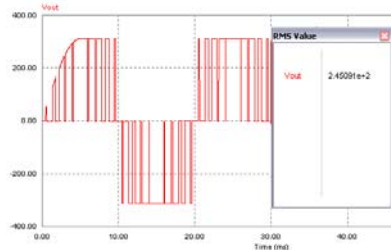
$$V_{rms} = \sqrt{V_p^2} = V_p$$

$$V_0 = V_s = 220 \text{ V}$$

Di bawah ini merupakan hasil simulasi *single phase full bridge inverter* pada Gambar 3.3



Gambar 3.2 Rangkaian Inverter Single Phase Full Bridge dengan Penyalut SPWM



Gambar 3.3 Hasil Simulasi Inverter Single Phase Full Bridge dengan Penyalut SPWM

Pada rangkaian simulasi di atas untuk pembangkit metode *switching* SPWM digantikan dengan rangkaian analog pada simulasi yang pada kenyataannya nanti dibangkitkan secara digital dengan mikrokontroler ATMEGA 16.

Pada pembuatan inverter, pada realitanya perlu diperhatikan untuk *power supply drive* penyalut IGBT harus disendirikan. Komponen *switching* (IGBT) pada inverter harus mendapat *ground* sendiri. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari hubung singkat antara IGBT 1, IGBT 2, dan IGBT 3/ IGBT 4

3.2 Perencanaan Switching SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation)

Sinusoidal Pulse Width Modulation dibangkitkan dengan cara membandingkan antara sinyal segitiga dengan sinyal sinus. Pengelompokan sinyal dikerjakan dengan membandingkan sebuah sinyal referensi sinyal sinus, dengan amplitudo gelombang pembawa segitiga. Frekuensi sinyal referensi menunjukkan frekuensi dasar tegangan output. Pada proyek akhir ini, gelombang SPWM dibangkitkan melalui mikrokontroler ATMEGA 16.

Dalam membangkitkan teknik *Switching Sinusoidal Pulse Width Modulation* secara digital, harus diketahui dahulu kondisi ON dan OFF (kondisi *switching*) sinyal *drive* IGBT tersebut. Untuk periode ON dan OFF adalah sama lamanya yaitu setengah dari periode untuk masing – masing frekuensi.

Dalam hal ini, untuk membangkitkan metode *switching* SPWM untuk mengetahui kondisi *high* dan *low switching* pada IGBT. Kondisi penyulutan empat IGBT tersebut terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kondisi Penyulutan

State	Voutput	Van	Vbn
IGBT 1,4 ON dan IGBT 2,3 OFF	Vs	Vs	0
IGBT 1,4 OFF dan IGBT 2,3 ON	- Vs	0	Vs
IGBT 1,3 ON dan IGBT 2,4 OFF	0	Vs	Vs
IGBT 1,3 OFF dan IGBT 2,4 ON	0	0	0

Pada skema *switching* unipolar tegangan keluaran berubah antara tegangan positif dan nol, atau antara nol dan tegangan negatif. Untuk menghasilkan suatu bentuk gelombang tegangan keluaran sinusoidal dari frekuensi dan amplitudo variabel, sinyal referensi sinusoidal (Aref) dibandingkan dengan bentuk gelombang segitiga (Atri). Indeks modulasi merupakan perbandingan antara amplitudo maksimum sinus (Ar) dan amplitudo maksimum segitiga (Ac). Indeks modulasi amplitudo (Ma), yang kendalikan nilai rms dari tegangan keluaran, ditetapkan sebagai

$$M_a = A_r / A_c \dots \dots \dots (3.2)$$

dengan M_a = Indeks modulasi Amplitudo
 A_r = Amplitudo maksimum sinus
 A_c = Amplitudo maskimum Segitiga

Indeks modulasi yang nilainya antara 0 sampai 1 akan menentukan lebar pulsa tegangan rata-rata dalam satu periode.

Prinsip kerja pembangkitan sinyal PWM sinusoida satu fasa (Gambar 2.15) adalah mengatur lebar pulsa mengikuti pola gelombang sinusoida. Frekuensi sinyal referensi menentukan frekuensi keluaran inverter.

Untuk mengetahui rasio modulasi frekuensi dari pembangkitan SPWM dapat dihitung dengan persamaan 3.3 berikut :

$$M_f = \frac{f_c}{f_m} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dengan M_f = rasio modulasi
 f_c = frekuensi gelombang segitiga
 f_m = frekuensi gelombang sinus

Dalam proyek akhir ini dirancang frekuensi gelombang segitiga adalah 1 kHz dan frekuensi gelombang sinus antara 10-50 Hz. Dengan demikian rasio modulasi dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk $f_m = 10$ Hz

$$M_f = \frac{f_c}{f_m}$$

$$M_f = \frac{1000}{10}$$

$$M_f = 100$$

Untuk $f_m = 50$ Hz

$$M_f = \frac{f_c}{f_m}$$

$$M_f = \frac{1000}{50}$$

$$M_f = 20$$

Berikut ini pembangkitan SPWM dengan program matlab untuk frekuensi 50 Hz.

Frekuensi sinyal sinusoidal 50 Hz

Frekuensi sinyal segitiga 1000 Hz (1KHz)

Program :

Untuk switching igbt

```

fs=200;
t=0:1/fs:1;
f1=1;
f2=20;
s1=sin(2*pi*f1*t);
s0=sawtooth(2*pi*f2*t,0.5);
s2=-sin(2*pi*f1*t);
subplot(4,1,1)
plot(t,s1,t,s0,t,s2);
a=zeros(1,length(t));
for i=1:length(t)
    if s1(i)>s0(i)
        a(i)=1
    else
        a(i)=0
    end
end
subplot(4,1,2)
plot(t,a);
gtext('compare sinus positif')
b=zeros(1,length(t));
for i=1:length(t)
    if s2(i)>s0(i)
        b(i)=1
    else
        b(i)=0
    end
end
subplot(4,1,3)
plot(t,b);
gtext('compare sinus negatif')
c=zeros(1,length(t));
for i=1:length(t)
    c(i)=a(i)-b(i);
end

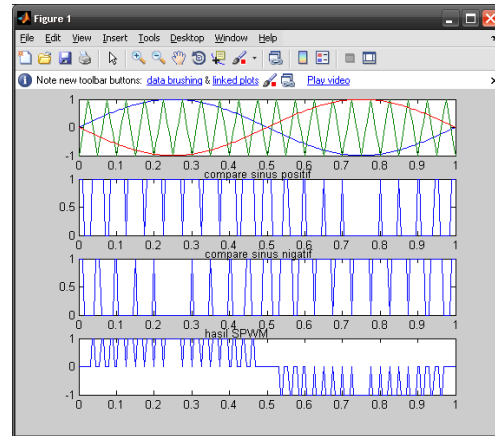
```

```

subplot(4,1,4)
plot(t,c);
gtext('hasil SPWM')

```

Dari program di atas menghasilkan sinyal komparator antara gelombang sinus dengan gelombang segitiga. Gambar 3.11 menunjukkan sinyal komparator beserta hasilnya.



Gambar 3.11 Gambar Hasil Gelombang Perbandingan Antara Sinyal Sinus dan Sinyal Segitiga (SPWM)

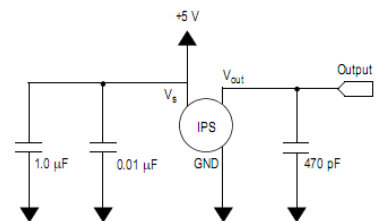
4. SENSOR. Sensor Tekanan Udara

Pada gambar merupakan bentuk fisik dari sensor tekanan udara.



Gambar 3.17 Bentuk fisik sensor tekanan⁷

Sensor tekanan udara ini memberikan sinyal ke mikrokontroler untuk membuka atau menutup relay agar katup solenoid (*solenoid valve*) membuka atau menutup. Berikut merupakan gambar dari rangkaian dari sensor tekanan.



Gambar 3.18 Rangkaian dari sensor tekanan udara⁸

⁷ Freescale Semiconductor MPX5500, hal 1

⁸ Freescale Semiconductor MPX5500, hal 4

5. PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT

5.1 Power Supply

Pengujian *power supply* yang terlihat pada Gambar 5.1 akan diperlihatkan hasil gelombang keluaran *power supply* pada Gambar 5.2.



Gambar 5.1 Power Supply



Gambar 5.2 Gelombang Tegangan Output Power Supply

Tegangan output *power supply* :

Volt/div = 2 Volt
 V peak = 2,5 div
 V dc = 5.78Volt
 Time/div = 2 ms



Gambar 5.3. Pengukuran Power Supply Driver Inverter

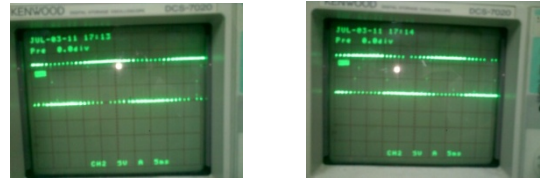
5.2 DRIVER INVERTER

Pengujian rangkaian driver inverter menggunakan driver IR111 sebagai penyulutan IGBT. Gambar 5.4 merupakan rangkaian dari driver penyulutan inverter menggunakan IR2111.



Gambar 5.4 Rangkaian driver penyulutan inverter

Gambar 5.5 menunjukkan gelombang keluaran sebagai penyulutan untuk inverter.



Gambar 5.5 Gelombang output dari driver penyulutan inverter

5.3 PENGUJIAN INVERTER FULL BRIDGE SATU FASE

Tabel 5.1 menunjukkan hasil pengukuran tegangan output inverter dengan beban lampu pijar 60 Watt.

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran Inverter dengan Beban Lampu Pijar 60 Watt

V _{in AC} (Volt)	V _{out AC} (Volt)	V _{in DC} (Volt)	Efisi ensi (%)	Rata-rata efisie nsi (%)	Drop Tegan gan
24.8	20.1	30.8	81		4.7
31.7	26.5	40.2	83.6		5.2
39.2	33.8	50.6	86.2		5.4
44.3	38.5	57.5	86.9		5.8
48.9	42	63.8	85.9		6.9
55.7	49.4	73	88.7		6.3
62.7	55.1	82.4	87.9	87.2	7.6
63.6	56.4	83.7	88.7		7.2
70.5	62.5	92	88.6		8
75.5	67	100.5	88.7		8.5
77.8	69.5	103.9	89.3		8.3
83	74.2	110	89.4		8.8
88.2	78.6	117	89.1		9.6

Berdasarkan hasil pengukuran inverter dengan beban lampu pijar 60 Watt, diketahui bahwa efisiensi yang paling tinggi yaitu pada tegangan input 83 Volt, dengan nilai efisiensi sebesar 89,4 % dan efisiensi yang paling rendah ditunjukkan pada tegangan input 24.8 Volt, dengan nilai efisiensi hanya sebesar 81 %. Sedangkan efisiensi rata-rata yaitu sebesar 87.2 %.

Tabel 5.2 menunjukkan analisa perhitungan tegangan output inverter satu fase secara teori dengan input dari tegangan output rectifier satu fase.

Tabel 5.2 Analisis perhitungan tegangan output teori dan praktek

V _{in DC} hasil praktik (Volt)	V _{out AC} Hasil praktik (Volt)	V _{out AC} teori (Volt)	Persen error (%)
30.8	20.1	21.8	7.8
40.2	26.5	28.4	6.7
50.6	33.8	35.8	5.6
57.5	38.5	40.7	5.4

63.8	42	45.1	6.9
73	49.4	51.6	4.3
82.4	55.1	58.3	5.5
83.7	56.4	59.1	4.6
92	62.5	65	3.9
100.5	67	71.1	5.8
103.9	69.5	73.5	5.4
110	74.2	77.8	4.6
117	78.6	82.7	5

Berdasarkan analisis di atas dapat dibandingkan tegangan output secara teori dan praktik. Jika dilihat dari persen error, diketahui bahwa persen error terbesar yaitu sebesar 7.8 % ($V_{out AC}$ Hasil praktik 20.1 Volt dan $V_{out AC}$ teori 21.8 Volt).

Tabel 5.3 menunjukkan hasil pengukuran output inverter dengan beban lampu 100 Watt.

Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Inverter dengan Beban Lampu Pijar 100 Watt.

V_{inAC} (Volt)	V_{outAC} (Volt)	V_{inDC} (Volt)	Arus beban (A)
20	17.9	31.7	0.11
30	28	39.5	0.13
40	37.9	52.5	0.15
50	48.5	64.2	0.17
60	59	78.3	0.19
70	71.2	91.2	0.21
80	81.6	104.4	0.23
90	91.8	118.6	0.24
100	101.9	131.4	0.26
110	111.9	144.6	0.27
120	122.5	157.9	0.28
130	132.5	173.1	0.30
140	143.4	185.4	0.31
150	153.2	199.4	0.32
160	163.9	214.9	0.34
170	174.7	227.2	0.35
180	184.4	241.4	0.36
190	195.3	255.8	0.37
200	205.8	268.6	0.38
210	216.9	283.1	0.4

Berdasarkan hasil pengukuran inverter dengan beban lampu pijar 100 Watt, dapat diketahui bahwa peningkatan arus beban secara linier sebanding dengan peningkatan tegangan input. Data hasil pengisian tekanan udara pada ban kendaraan dapat dilihat pada tabel 5.4

Tabel 5.4 Hasil pengisian tekanan udara pada ban kendaraan

Setting point tekanan (psi)	Tekanan pada ban kendaraan (psi)
28	29,6
29	30,2
30	31,5
31	32,1
32	33,2

6. KESIMPULAN

Dari hasil analisa penerapan metode penyulutan inverter satu phase ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Inverter yang telah dibuat memiliki gelombang tegangan output yang tidak sinusoida sehingga hanya mampu untuk beban linier yaitu lampu pijar 60 Watt, 100 Watt dan Motor 125 Watt.
- 2) Sedangkan untuk proses pengisian tekanan ban kendaraan menjadi lebih efisien disebabkan pada saat proses pengisian tekanan ban kendaraan hanya dilakukan satu kali dan tidak membutuhkan ulangan.
- 3) Apabila setting tekanan 30 psi maka tekanan pada ban adalah 31,5 psi. Diperoleh selisih tekanan setting point dengan tekanan pada ban adalah 1,5 psi.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Efendi,Zaenal, Elektronika Daya 2. Materi kuliah, 2009.
2. Imam Abadi, Aulia Siti Aisjah, Riftyanto N.S.,” Aplikasi Metode Neuro-Fuzzy Pada Sistem Pengendalian Antisurge Kompresor”. Jurnal Teknik Elektro Vol. 6, No. 2, September 2006
3. Ismail, Baharuddin Bin. 2008. Design and Development Of Unipolar SPWM Switching Pulses For Single Phase Full Bridge Inverter Application. Thesis Master of Science University Sains Malaysia.
4. Rashid, Muhammad H. 2001. Power Electronics Circuits, Devices, and Application 2nd Edition. PT. Prenhallindo. Jakarta.