

# INVERTER *FULL BRIDGE* SATU FASA BERBASIS IC SG3524

Kusumo Tri Atmojo<sup>\*)</sup>, Mochammad Facta, and Tejo Sukmadi

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)E-mail: tri.atmojo95@gmail.com</sup>

## Abstrak

Inverter merupakan sebuah konverter yang mengubah sebuah masukan arus searah menjadi arus bolak-balik. Dalam beberapa bentuk inverter tegangan keluaran arus bolak balik tersebut dapat dikendalikan besar magnitud dan frekuensinya. Penggunaan inverter dapat berupa catu daya untuk pengaturan kecepatan motor ac, uninterruptible power supplies (UPS) dan alat konversi tenaga listrik dari baterai. Pada penelitian ini, inverter yang dirancang menggunakan topologi full bridge. Topologi ini memiliki keunggulan berupa magnitud tegangan keluaran maksimum yang sama dengan tegangan magnitud tegangan arus searah yang menjadi tegangan masukannya. Dengan tegangan masukan yang sama, topologi full bridge memiliki daya yang lebih besar dibandingkan inverter topologi lainnya. IC SG3524 digunakan sebagai pembangkit sinyal PWM (Pulse Width Modulation). Inverter full bridge dalam penelitian ini dirancang untuk dapat divariasikan besar frekuensi dan duty cyclenya. Frekuensi dari inverter dirancang untuk beroperasi dalam rentang 19 Hz – 65 Hz dan duty cycle 11 % - 44 %. Berdasarkan hasil pengujian Inverter full bridge menghasilkan gelombang kotak keluaran arus bolak balik. Efisiensi inverter full bridge mencapai nilai terendah sebesar 81,56% dan nilai tertinggi sebesar 99,53% ketika dibebani lampu pijar dengan daya 40, 60, dan 100 W. Efisiensi inverter ketika dibebani motor induksi mencapai nilai 86,55 % sebagai nilai efisiensi terendah dan 98,35% sebagai nilai efisiensi tertinggi.

*Kata kunci : inverter full bridge, IC SG3524, dan PWM*

## Abstract

An inverter is a converter that converts a direct current input into a alternating current as the out put. In several inverters the output is possible to be controlled for its magnitud and frequency. The application of inverter is commonly used variable speed drive for ac motor, uninterruptible power supplies (UPS) and electrical converter from battery. In this research, the inverter was designed in a full bridge topology. This topology has advantage to deliver the magnitude output voltage is the same as themagnitude of direct current voltage as an input voltage ( $V_{rms} = V_{dc}$ ). Due to this advantages, a full bridge topology has ability to give more power than other topologies. IC SG3524 is used as a signal generator PWM (Pulse Width Modulation). The full bridge inverter was designed to have variable frequency and duty cycle. The designed frequency was 19 Hz - 65 Hz and duty cycle 11% - 44%. Based on the experimental results , the inverter delivered the squarewave alternating current. The lowest efficiency is 81.56% and the highest is 99.53% as the inverter was loaded by incandescent lamp. The experimental results using induction motor give the lowest efficiency 86.55% and the highest 98.35% for the inverter.

*Keywords: full inverter bridge, SG3524 IC, and PWM*

## 1. Pendahuluan

Inverter merupakan sebuah konverter yang mengubah sebuah masukan arus searah menjadi arus bolak-balik terkendali pada keluarannya. Inverter biasa digunakan untuk pengaturan kecepatan motor ac, inverter juga diaplikasikan untuk *uninterruptible power supplies* (UPS) dan menjalankan peralatan ac dari baterai .

Ada tiga macam topologi inverter satu fasa yaitu *half bridge*, *full bridge*, dan *push pull*. Pada Penelitian ini,

inverter dengan topologi *full bridge* digunakan karena tegangan keluarannya sama dengan tegangan masukannya ( $V_{rms} = V_{dc}$ ). Dengan tegangan masukan yang sama, topologi *full bridge* memiliki daya yang lebih besar dibandingkan inverter topologi lainnya [1].

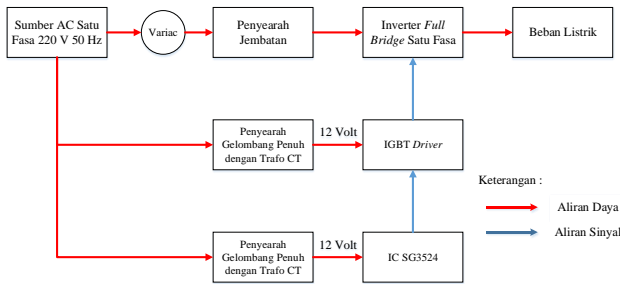
Inverter dengan topologi *full bridge* pernah digunakan pada penelitian sebelumnya, dibahas mengenai perancangan inverter *full bridge* sebagai pengendali kecepatan putar motor penggerak *rotary spark gap* [2],

inverter *full bridge* juga digunakan dalam aplikasi *heat induction cooker* [3].

Dari beberapa penelitian yang menggunakan topologi inverter *full bridge*, umumnya menggunakan IC TL494 sebagai pembangkit sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) [4][5]. Oleh karena itu, pada Penelitian ini akan dibuat sebuah inverter *full bridge* menggunakan IC SG3524 sebagai pembangkit sinyal PWM dengan pengaturan frekuensi dan *duty cycle*.

## 2. Metode

### 2.1. Perancangan Perangkat Keras

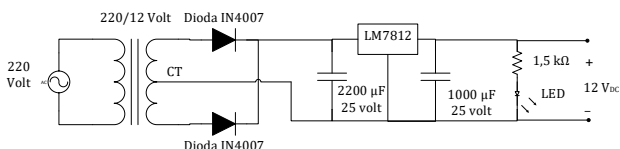


Gambar 1. Blok diagram perancangan

Setelah blok diagram perancangan sudah sesuai, tahap selanjutnya adalah pembuatan perangkat keras. Dalam perancangan rangkaian *inverter full bridge* ini, rangkaiannya terbagi menjadi 5 bagian, yaitu perancangan sumber arus searah 12 volt, perancangan penyearah tipe jembatan, perancangan rangkaian kontrol dengan IC SG3524, perancangan IGBT driver dan perancangan rangkaian *inverter full bridge* satu fasa.

### 2.2. Rangkaian Penyearah 12 Volt DC

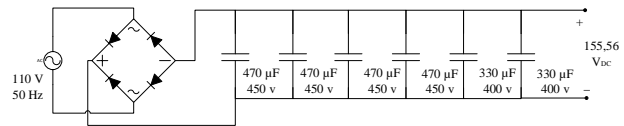
Suplai tegangan masukan 12 volt arus searah digunakan untuk IC SG3524 dan IGBT driver. Rangkaian penyearah 12 Volt DC didapat dengan menggunakan penyearah gelombang penuh dengan transformator *centre tap* untuk mengubah arus bolak-balik ke arus searah. Penyearah ini menggunakan IC regulator LM7812 yang sumber arus bolak-balik 1 fasenya dihubungkan dengan transformator *center tap* dengan rasio 220 V : 12 V. Gambar 2 Menunjukkan rangkaian penyearah output 12 volt arus searah.



Gambar 2. Penyearah gelombang penuh satu fasa dengan *centre tap*

### 2.3. Rangkaian Penyearah Jembatan

Rangkaian penyearah jembatan digunakan untuk menyuplai rangkaian daya. Rangkaian ini menggunakan dioda *bridge* MB3510 karena mampu menahan arus sampai 35 A dan tegangan 1000 V [6]. Keluaran dari dioda *bridge* kemudian ditapis menggunakan kapasitor sebesar 2540 µF.

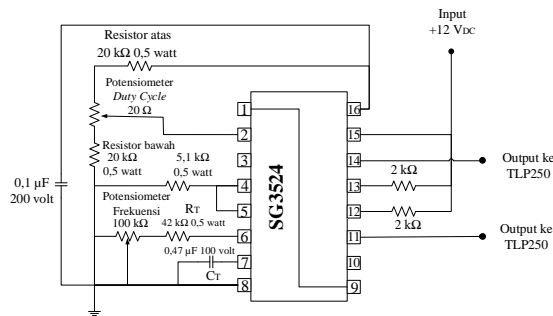


Gambar 3. Rangkaian penyearah jembatan

### 2.4. Rangkaian Kontrol IC SG3524

Rangkaian kontrol IC SG3524 digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) Rangkaian kontrol IC SG3524 dapat mengatur frekuensi dan *duty cycle*. Nilai frekuensi osilasi pada rangkaian kontrol IC SG3524 diatur oleh dua komponen yang dihubungkan dengan pin 6 dan 7. Pin 6 IC SG3524 adalah *Resistor Timer* ( $R_T$ ) dan pin 7 IC SG3524 adalah *Capacitor Timer* ( $C_T$ ). Persamaan untuk mencari frekuensi kerja sesuai pada *datasheet* IC SG3524 dituliskan oleh Persamaan (1) [7].

$$f = \frac{1,3}{R_T C_T} \quad (1)$$

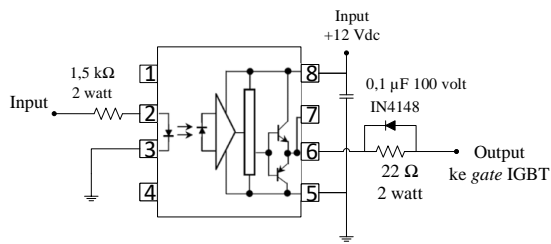


Gambar 4. Rangkaian kontrol IC SG3524

Salah satu fitur IC SG3524 adalah memiliki output gelombang kotak yang saling berkebalikan antara kedua kaki outputnya. Hal tersebut menjadi fitur yang tepat untuk digunakan sebagai pemacu *inverter full bridge*. *Inverter* yang akan dibuat direncanakan mampu beroperasi pada *range* frekuensi 19 Hz – 65 Hz dan *duty cycle* 11 % - 44 %.

### 2.5. Rangkaian IGBT Driver

Rangkaian IGBT Driver menggunakan IC TLP250. Rangkaian TLP250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal PWM. *Ground* dibuat terpisah antara TLP250 dengan IC SG3524.

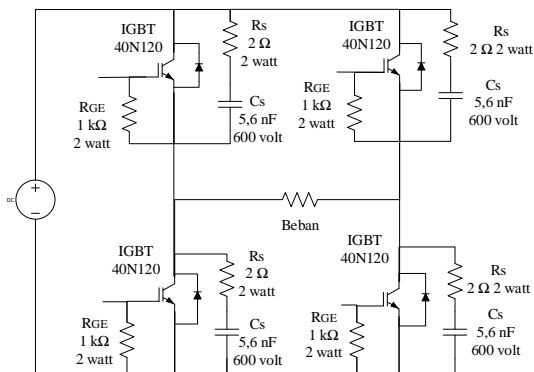


Gambar 5. Rangkaian IGBT driver TLP250

Setelah mendapat masukan berupa gelombang keluaran IC SG3524, rangkaian IGBT *driver* langsung meneruskan gelombang pemicuan tersebut ke rangkaian daya.

### 2.7. Rangkaian Daya

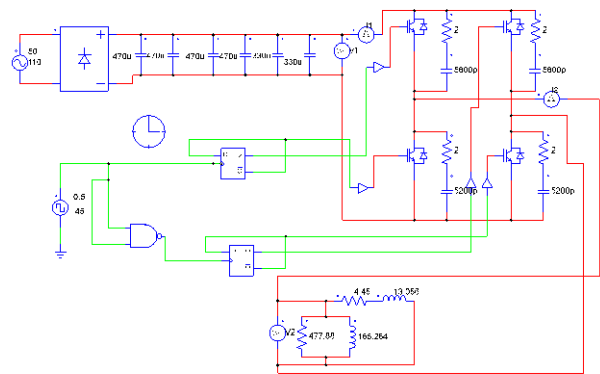
Rangkaian *inverter full bridge* terdiri dari IGBT 40N120, resistor *gate – emitter* ( $R_{GE}$ ), dan rangkaian RC *snubber*. Resistor *gate - emitter* ( $R_{GE}$ ) berfungsi untuk mengamankan IGBT agar tidak terjadi *short circuit*. Nilai  $R_{GE}$  yang digunakan pada rangkaian *inverter full bridge* ini adalah sebesar 1 kΩ. Rangkaian RC *snubber* digunakan untuk melindungi IGBT dari *spike* tegangan dan arus yang terjadi selama pensaklaran.



Gambar 6. Rangkaian *inverter full bridge* satu fasa

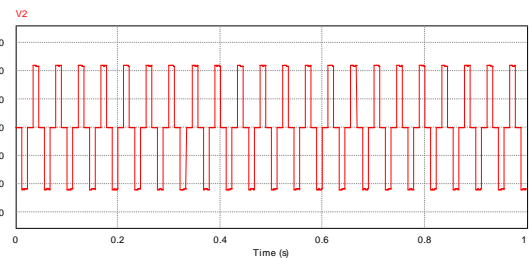
### 2.8. Simulasi Rangkaian PSIM 6.0

Setelah menentukan nilai komponen dengan perhitungan, sebelum direalisasikan maka perlu dilakukan pengujian. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan software PSIM 6.0.



Gambar 7. Rangkaian simulasi PSIM

Berdasarkan Gambar 7 maka didapatkan hasil simulasi sebagai berikut:



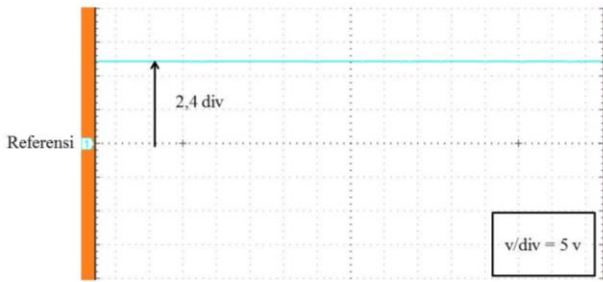
Gambar 8. Gelombang tegangan keluaran hasil simulasi

Dari hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *inverter full bridge* sudah sesuai dengan teori.

## 3. Pengujian dan Analisis

### 3.1. Pengujian Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan Trafo CT

Sumber tegangan 12 volt arus searah digunakan untuk menyuplai rangkaian kontrol IC SG3524 dan TLP250. Tegangan ini dihasilkan dari transformator *center tap* 220/12 volt. Tegangan 12 volt arus bolak-balik dari transformator akan disearahkan dengan rangkaian regulator yang menggunakan LM7812, sehingga nilai tegangannya nanti dapat bernilai stabil pada 12 volt arus searah.



Gambar 9. Gelombang hasil pengujian tegangan keluaran regulator tegangan

Dari Gambar 9 dapat dilihat besarnya tegangan 2,4 div pada skala 5V/div dengan faktor pengali 1x sehingga dapat dihitung nilai tegangan penyearah sebesar :

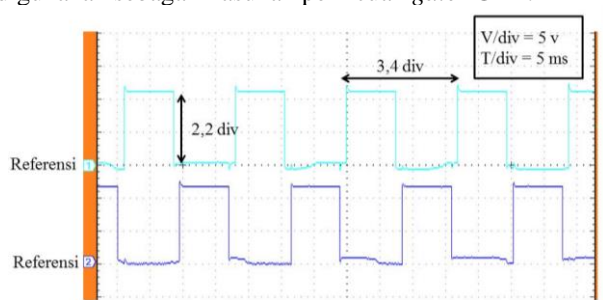
$$V_{DC} = 2,4 \text{ div} \times 5 \text{ V/div} \times 1$$

$$V_{DC} = 12 \text{ Volt}$$

Nilai tegangan terukur sudah sesuai dengan nilai tegangan suplai ( $V_{CC}$ ) yang tertera pada *datasheet* sebagai suplai rangkaian IC SG3524 dan IGBT Driver TLP250 dan sudah cukup besar untuk memicu IGBT 40N120. Nilai tegangan yang dapat digunakan untuk menyuplai TLP250 ini berada pada nilai 10V - 35V [8], sedangkan tegangan pemucuan ( $V_{GE}$ ) IGBT 40N120 maksimum bernilai  $\pm 25$ V [9].

### 3.2. Pengujian Rangkaian IC SG3524

Pengujian rangkaian kontrol bertujuan untuk mengetahui bentuk gelombang pulsa keluaran dari IC SG3524 yang nantinya akan digunakan untuk memicu IGBT. Pengukuran dilakukan pada kaki 11 dan 14 yang akan digunakan sebagai masukan pemucuan *gate* IGBT.



Gambar 10. Bentuk gelombang hasil pengujian keluaran IC SG3524

Pengukuran gelombang yang ditunjukkan Gambar 10 di atas diambil pada skala 5 ms/div dan 5 V/ div dengan faktor pengali 1x., sehingga dapat dihitung besarnya tegangan dan frekuensi, sebagai berikut :

$$\text{Tegangan}$$

$$V_{pp} = 2,2 \text{ div} \times 5 \text{ V/div} = 11 \text{ Volt.}$$

$$\text{Frekuensi :}$$

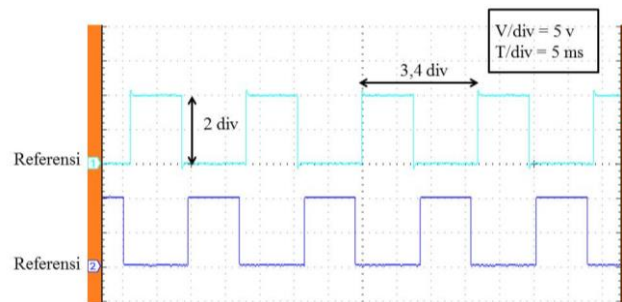
$$T = 3,4 \text{ div} \times 5 \text{ ms/div} = 17 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{17 \text{ ms}} = 58,82 \text{ Hz.}$$

Didapat frekuensi 58,82 Hz dan tegangan amplitudo (*peak to peak*) 11 Volt. IGBT 40N120 memiliki tegangan pemucuan  $V_{GE}$  maksimal  $\pm 25$  Volt maka dengan tegangan 11 Volt (*peak to peak*) IGBT 40N120 dapat dipicu.

### 3.3. Pengujian Rangkaian IGBT Driver

Pengujian pada rangkaian ini dilakukan untuk mengetahui dan memastikan bahwa gelombang tegangan keluaran dari IGBT driver sesuai dengan hasil perancangan dan dapat digunakan untuk pemucuan IGBT pada rangkaian *inverter full bridge*.



Gambar 11. Gelombang keluaran rangkaian IGBT driver

Gelombang diatas didapat pada skala 5 V/div dan 5 ms/div, sehingga dapat dihitung besarnya tegangan dan frekuensi, sebagai berikut :

$$\text{Tegangan :}$$

$$V_{pp} = 2 \text{ div} \times 5 \text{ V/div} = 10 \text{ Volt}$$

$$\text{Frekuensi :}$$

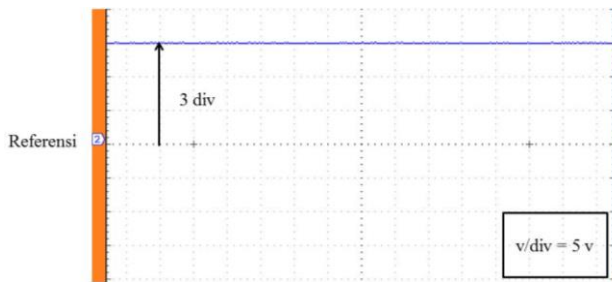
$$T = 3,4 \text{ div} \times 5 \text{ ms/div} = 17 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{17 \times 10^{-3}} = 58,82 \text{ Hz}$$

Gelombang hasil pengukuran memiliki tegangan amplitudo (*peak to peak*) 10 volt dan frekuensi 58,82 Hz. Hasil pengukuran gelombang rangkaian IGBT driver menunjukkan bahwa sinyal keluaran rangkaian IGBT driver lebih halus dibandingkan dengan keluaran IC SG3524. Hal ini membuktikan rangkaian IGBT driver bekerja dengan baik. Namun terjadi *drop* tegangan sebesar 2 volt, hal ini tidak menjadi masalah karena dengan tegangan 10 volt sudah mampu memicu *gate* IGBT dengan baik.

### 3.4. Pengujian Rangkaian Penyearah Jembatan

Penyearahan dilakukan menggunakan dioda *bridge* yang dihubungkan secara paralel dengan 4 buah kapasitor 470  $\mu$ F dan 2 buah kapasitor 330  $\mu$ F untuk mengurangi riak keluaran penyearah.



Gambar 12. Bentuk gelombang keluaran dioda *bridge* setelah ditapis kapasitor

Gambar 12 merupakan tegangan yang terukur dari keluaran dioda *bridge* yang telah ditapis dengan kapasitor. Tegangan ini memiliki nilai 3 div dengan skala 5 V/div dan faktor pengali 10 x sehingga tegangan sebenarnya adalah

$$V_{DC} = 3 \times 5 \times 10 = 150 \text{ Volt}$$

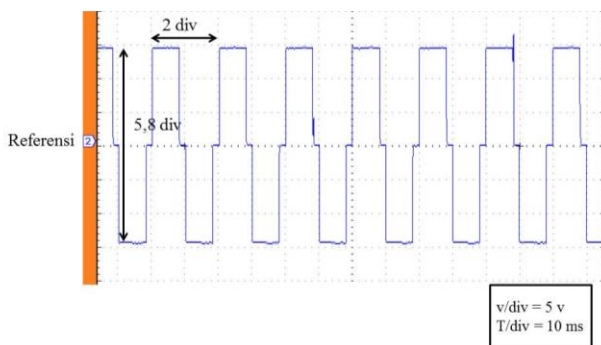
Nilai tegangan masukan penyearah yang digunakan sebesar 110 Vac, dengan nilai tersebut seharusnya tegangan DC yang dihasilkan sebesar 155,56 Volt. Perbedaan nilai pengukuran dengan spesifikasi nilai penyearah daya yang digunakan karena pada penyearah daya ini tidak digunakan IC regulator sebagai regulator tegangan, sehingga tegangan keluaran dipengaruhi oleh beban.

### 3.5. Pengujian Rangkaian *Inverter Full Bridge*

Setelah melakukan pengujian pada rangkaian suplai selanjutnya adalah pengujian pada rangkaian *inverter full bridge*. Pengujian ini berguna untuk melihat gelombang keluaran *inverter* dengan menggunakan beban resistif (lampu 60, 100, dan 200 W) dan dominan induktif (motor induksi satu fasa).

#### 3.5.1. Pengujian Rangkaian *Inverter Full Bridge* Beban Resistif

Pengujian rangkaian *inverter full bridge* dilakukan dengan menggunakan lampu pijar 40 W, 60 W, dan 100 W.



Gambar 13. Gelombang keluaran *inverter full bridge* dengan beban lampu pijar 100 W

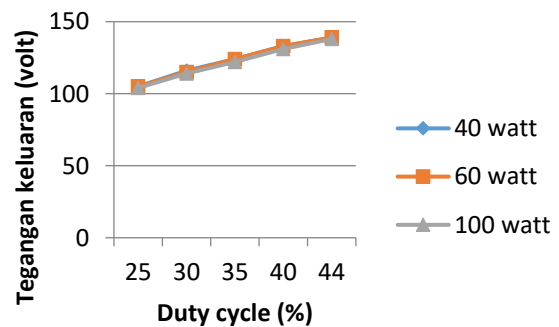
### A. Pengujian Variasi *Duty Cycle* terhadap Tegangan Keluaran

Pengujian dilakukan pada frekuensi 50 Hz, dengan variasi *duty cycle* 25% - 44% dengan tingkat kenaikan sebesar 5%, kecuali kenaikan dari 40% ke 44% hanya sebesar 4% karena *duty cycle* maksimal dalam perancangan hanya sampai 44%. Hasil pengukuran ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengukuran tegangan dengan beban lampu pijar

Duty cycle (%)	Beban (W)	Vin AC (V)	Vin DC (V)	Vout (V)
25	40	110	149	105
30			149	116
35			149	124
40			149	133
44			149	139
25	60	110	149	105
30			149	115
35			149	124
40			149	133
44			149	139
25	100	110	147	104
30			147	114
35			147	122
40			147	131
44			147	138

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori yaitu nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan tegangan keluaran. Berikut disajikan data berupa grafik yang menunjukkan perbandingan *duty cycle* dengan tegangan keluaran pada Gambar 14.



Gambar 14. Perbandingan *duty cycle* dengan tegangan keluaran

### B. Perhitungan Efisiensi

Perhitungan efisiensi dilakukan dengan membandingkan daya keluaran dari *inverter full bridge* ( $P_{out}$ ) dengan daya masukan *inverter full bridge* ( $P_{in}$ ). Adapun data yang dibutuhkan untuk perhitungan konsumsi daya ditunjukkan oleh Tabel 2.



**Tabel 2. Data pengukuran lampu pijar menggunakan inverter full bridge**

Duty cycle (%)	Beban (W)	V <sub>in DC</sub> (V)	I <sub>in DC</sub> (A)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	cos φ
25	40	149	0.08	105	0.11	0.95
30		149	0.09	116	0.11	0.96
35		149	0.1	124	0.11	0.97
40		149	0.11	133	0.12	0.97
44		149	0.13	139	0.12	0.98
25	60	149	0.12	105	0.16	0.98
30		149	0.14	115	0.17	0.98
35		149	0.17	124	0.17	0.98
40		149	0.18	133	0.18	0.99
44		149	0.19	139	0.18	0.99
25	100	147	0.19	104	0.27	0.99
30		147	0.22	114	0.28	0.99
35		147	0.25	122	0.29	0.99
40		147	0.29	131	0.3	0.99
44		147	0.32	138	0.32	0.99

Dari data yang diperoleh dari pengukuran pada Tabel 2, maka dapat dihitung daya keluaran dengan persamaan (1) di bawah ini :

$$P_{out} = V_{out} I_{out} \cos \phi \quad (1)$$

$$P_{out} = 105 \times 0,11 \times 0,95$$

$$P_{out} = 10,97 \text{ W}$$

Sedangkan untuk daya masukan dapat dihitung dengan persamaan (2) di bawah ini :

$$P_{in} = V_{in} I_{in} \quad (2)$$

$$P_{in} = 149 \times 0,08$$

$$P_{in} = 11,92 \text{ W}$$

Setelah mendapat nilai Pin dan Pout, maka dapat dihitung nilai efisiensi dengan persamaan (3) di bawah ini :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta = \frac{10,97}{11,92} \times 100\%$$

$$\eta = 92,03\%$$

Dengan menggunakan cara yang sama seperti di atas, maka akan didapatkan nilai efisiensi seperti Tabel 3.

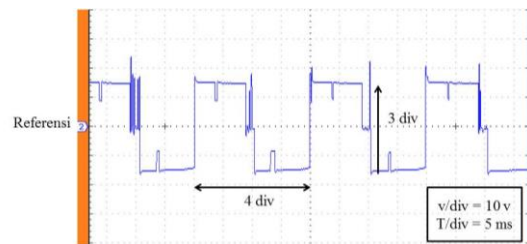
**Tabel 3. Perhitungan efisiensi inverter full bridge ketika beban lampu pijar**

D (%)	Beban (W)	P <sub>in</sub> (W)	P <sub>out</sub> (W)	η (%)
25	40	11.92	10.97	92.05
30		13.41	12.25	91.35
35		14.9	13.23	88.8
40		16.39	15.48	94.46
44		19.37	16.35	84.39
25	60	17.88	16.46	92.08
30		20.86	19.16	91.85
35		25.33	20.66	81.56
40		26.82	23.7	88.37
44		28.31	24.77	87.49
25	100	27.93	27.8	99.53
30		32.34	31.6	97.71
35		36.75	35.03	95.31
40		42.63	38.91	91.27
44		47.04	43.72	92.94

Berdasarkan Tabel 3 di atas, inverter *full bridge* yang telah dirancang mampu bekerja dengan baik ketika mendapat lampu pijar karena memiliki efisiensi yang cukup tinggi yaitu paling rendah 81,56% dan paling tinggi 99,53%.

### 3.5.2. Pengujian Rangkaian Inverter Full Bridge Beban Dominan Induktif

Pengujian *inverter full bridge* beban dominan induktif menggunakan motor induksi satu fasa jenis motor kapasitor.



**Gambar 15. Gelombang keluaran inverter ketika diberi beban motor**

Gelombang keluaran *inverter* saat terhubung dengan motor induksi memiliki bentuk yang kurang bagus, disebabkan oleh motor yang memiliki sifat induktif dengan nilai induktansi yang cukup tinggi. Hal ini menyebabkan adanya elektromagnet pada motor induksi yang digunakan meskipun ketika proses *switching* pada *inverter* telah *off* [2].

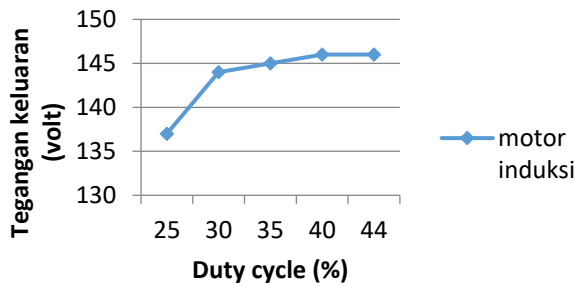
#### A. Pengujian Variasi Duty Cycle terhadap Tegangan Keluaran

Pengujian dilakukan pada frekuensi 50 Hz, dengan variasi *duty cycle* 25% - 44% dengan tingkat kenaikan sebesar 5%, kecuali kenaikan dari 40% ke 44% hanya sebesar 4% karena *duty cycle* maksimal dalam perancangan hanya sampai 44%. Hasil pengukuran tegangan keluaran ditunjukkan oleh Tabel 4.

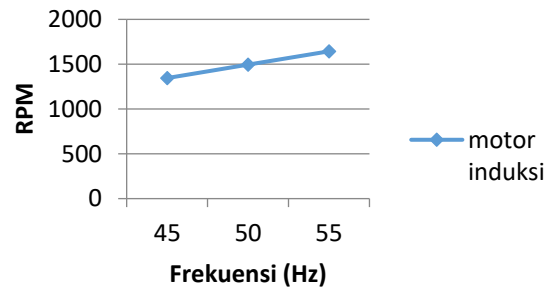
**Tabel 4. Hasil pengukuran tegangan dengan beban motor induksi**

Duty cycle (%)	V <sub>in AC</sub> (V)	V <sub>in DC</sub> (V)	V <sub>out</sub> (V)
25	110	148	137
30	110	148	144
35	110	148	145
40	110	148	146
44	110	148	146

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa hasil pengukuran sudah sesuai dengan teori yaitu nilai *duty cycle* berbanding lurus dengan tegangan keluaran.



Gambar 16. Perbandingan *duty cycle* dengan tegangan keluaran



Gambar 17. Grafik hubungan antara frekuensi terhadap kecepatan putar motor induksi

### B. Pengujian Variasi Frekuensi dan *Duty Cycle* terhadap Kecepatan Putar

Variasi frekuensi dipilih tiga frekuensi yaitu 45 Hz, 50 Hz, dan 55 kHz. Frekuensi 45 Hz dipilih untuk mewakili kondisi dibawah frekuensi jala - jala, frekuensi 50 Hz untuk mewakili kondisi standar, dan frekuensi 55 Hz untuk mewakili kondisi diatas frekuensi jala – jala. Untuk variasi *duty cycle* dipilih kondisi *duty cycle* sesuai dengan kemampuan *inverter* yang dirancang, yaitu *duty cycle* 25% hingga 44% dengan kenaikan 5%, kecuali kenaikan dari 40% ke 44% hanya sebesar 4% karena *duty cycle* maksimal dalam perancangan hanya sampai 44%. Data yang diambil antara lain Tegangan  $V_{in}$ ,  $V_{out}$ , dan rpm.  $V_{in}$  adalah tegangan masukan yang diukur pada sumber AC *inverter full bridge* sebesar 110 volt.  $V_{out}$  adalah tegangan kerja yang terukur pada keluaran *inverter* yang digunakan sebagai tegangan kerja masukan motor. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Data pengujian variasi frekuensi dan *duty cycle* terhadap kecepatan putar motor induksi

F (Hz)	D (%)	$V_{in}$ DC (Volt)	$V_{out}$ (Volt)	Kecepatan putar (Rpm)	Rata-rata kecepatan putar (Rpm)
45	25	147	137	1345	1345.2
	30	147	144	1345	
	35	147	145	1346	
	40	147	146	1345	
	44	147	146	1345	
50	25	148	137	1495	1495.4
	30	148	146	1495	
	35	148	147	1495	
	40	148	147	1496	
	44	148	147	1496	
55	25	148	137	1643	1643.8
	30	148	145	1644	
	35	148	146	1644	
	40	148	147	1644	
	44	148	147	1644	

Dari Tabel 5 dapat dibuat grafik hubungan frekuensi dengan kecepatan putar motor seperti pada Gambar 17 dan grafik hubungan *duty cycle* dengan kecepatan putar motor seperti Gambar 18.

Berdasarkan Gambar 17 menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi, maka kecepatan putaran motor yang dihasilkan semakin bertambah. Motor berputar paling cepat ketika bekerja pada frekuensi 55 Hz dan sebaliknya pada frekuensi 45 Hz, motor berputar paling lambat. Hal ini sudah sesuai dengan prinsip kerja motor induksi berdasarkan Persamaan (4) di bawah ini :

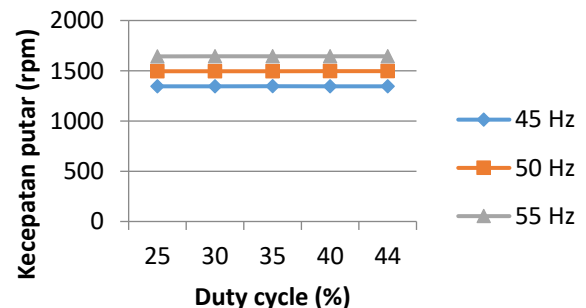
$$n = \frac{120f}{P} \quad (4)$$

Dimana :

n = Kecepatan putar (rpm)

f = frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub



Gambar 18. Grafik hubungan antara *duty cycle* terhadap kecepatan putar motor induksi

Berdasarkan gambar 18 terlihat bahwa kenaikan *duty cycle* tidak berpengaruh terhadap kecepatan putar motor induksi. Hal ini sudah sesuai dengan teori, *duty cycle* hanya berpengaruh pada tegangan keluaran.

### C. Perhitungan Efisiensi

Perhitungan efisiensi dilakukan dengan membandingkan daya keluaran dari *inverter full bridge* ( $P_{out}$ ) dengan daya masukan *inverter full bridge* ( $P_{in}$ ). Adapun data yang dibutuhkan untuk perhitungan konsumsi daya ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6. Data pengukuran motor induksi menggunakan inverter full bridge

F (Hz)	D (%)	V <sub>in DC</sub> (V)	I <sub>in DC</sub> (A)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	cos φ (lag)
45	25	147	0.24	137	0.71	0.34
	30	147	0.29	144	0.8	0.34
	35	147	0.29	145	0.82	0.34
	40	147	0.29	146	0.82	0.34
	44	147	0.3	146	0.82	0.34
50	25	148	0.21	137	0.63	0.34
	30	148	0.25	146	0.71	0.34
	35	148	0.25	147	0.72	0.34
	40	148	0.26	147	0.72	0.34
	44	148	0.26	147	0.72	0.34
55	25	148	0.2	137	0.55	0.34
	30	148	0.21	145	0.62	0.34
	35	148	0.24	146	0.63	0.34
	40	148	0.22	147	0.63	0.34
	44	148	0.24	147	0.63	0.34

Tabel 7. Perhitungan efisiensi inverter full bridge beban motor induksi

F (Hz)	D (%)	P <sub>in</sub> (W)	P <sub>out</sub> (W)	η (%)
45	25	35.28	33.07	93.74
	30	42.63	39.17	91.88
	35	42.63	40.43	94.83
	40	42.63	40.7	95.48
	44	44.1	40.7	92.3
50	25	31.08	29.35	94.42
	30	37	35.24	95.26
	35	37	35.99	97.26
	40	38.48	35.99	93.52
	44	38.48	35.99	93.52
55	25	29.6	25.62	86.55
	30	31.08	30.57	98.35
	35	35.52	31.27	88.04
	40	32.56	31.49	96.71
	44	35.52	31.49	88.65

Dari data yang diperoleh dari pengukuran pada Tabel 6 maka dapat dihitung daya keluaran dengan persamaan (1) di bawah ini :

$$P_{out} = V_{out} I_{out} \cos \phi$$

$$P_{out} = 137 \times 0,71 \times 0,34$$

$$P_{out} = 33,07 \text{ W}$$

Sedangkan untuk daya masukan dapat dihitung dengan persamaan (2) di bawah ini :

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

$$P_{in} = 147 \times 0,24$$

$$P_{in} = 35,28 \text{ W}$$

Setelah mendapat nilai Pin dan Pout, maka dapat dihitung nilai efisiensi dengan persamaan (3) di bawah ini :

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

$$\eta = \frac{33,07}{35,28} \times 100\%$$

$$\eta = 93,73\%$$

Dengan menggunakan cara yang sama seperti di atas, maka akan didapatkan nilai efisiensi sebagai berikut :

Berdasarkan Tabel 7 di atas, inverter full bridge yang telah dirancang mampu bekerja dengan baik ketika mendapat beban motor induksi karena memiliki efisiensi yang cukup tinggi yaitu paling rendah 86,55 % dan paling tinggi sampai 98,35%.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengukuran dan analisa menunjukkan bahwa inverter full bridge satu fasa sudah berjalan baik. Duty cycle tidak berpengaruh terhadap kecepatan putar motor induksi satu fasa, namun berpengaruh terhadap tegangan keluaran. Semakin besar duty cycle, maka tegangan keluaran juga semakin besar. Efisiensi inverter full bridge ketika dibebani lampu pijar yaitu paling rendah 81,56% dan paling tinggi 99,53%. Efisiensi inverter full bridge ketika dibebani motor induksi yaitu paling rendah 86,55 % dan paling tinggi sampai 98,35%.

Untuk pengembangan Penelitian ini, maka dapat diberikan saran-saran bahwa metode pemecuan inverter ini dapat dikembangkan lagi dengan metode SPWM (Sinusoidal Pulse width modulation), kemudian IC SG3524 juga dapat digunakan untuk pemecuan inverter dengan topologi yang berbeda atau jenis konverter lainnya, atau dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan feedback.

#### Referensi

- [1]. Daniel W.Hart, *Power Electronics*. 2011.
- [2]. A. A. Akbar, M. Facta, and A. Nugroho, "KECEPATAN PUTAR MOTOR PENGGERAK ROTARY SPARK GAP."
- [3]. R. Kontrol, "FREKUENSI TINGGI UNTUK APIKASI INDUCTION COOKER," pp. 1-7.
- [4]. J. Xiaomei, R. Yannian, C. Guoqiang, and L. Kaiqiang, "Restraining DC Magnetic Bias in PS-PWM Full Bridge Inverter of Plasma Power," *2010 Int. Conf. Intell. Syst. Des. Eng. Appl.*, pp. 306-309, 2010.



- [5]. P. Zhihua and I. P. Supply, "Design of the Photovoltaic Inverter Power Based on TL494 Yanzhong Sun," no. liicec, pp. 573–576, 2015.
- [6]. S. B. Rectifier, "Bridge Rectifier 35A Single-Phase Bridge Rectifier," vol. 8766, no. 800, pp. 4–7, 2007.
- [7]. T. Instruments, "SGx524 Regulating Pulse-Width Modulators," no. 1, 2015.
- [8]. T. Inverter, I. For, A. Conditionor, P. Configuration, and T. Table, "Transistor Inverter Inverter For Air Conditionor IGBT Gate Drive Power MOS FET Gate Drive," pp. 1–8, 2004.
- [9]. N. P. T. IGBT, "FGL40N120AND Package Marking and Ordering Information," no. February, 2008.