

## INVERTER SATU FASA JEMBATAN PENUH BERBASIS MIKROKONTROLER DSPIC PADA MOTOR INDUKSI SATU FASA

Grace Dinda Ayu Amalia<sup>\*)</sup>, Susatyo Handoko dan Iwan Setiawan

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

<sup>\*)</sup>E-mail: [gracedindaayuamalia@gmail.com](mailto:gracedindaayuamalia@gmail.com)

### Abstrak

Energi listrik telah menjadi salah satu energi utama yang sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Seiring dengan berubahnya zaman kini alat konvensional yang bersumber non listrik sudah berubah menjadi alat yang bersumber listrik. Hal ini dikarenakan energi listrik dapat diubah menjadi bentuk energi lain. Contohnya, energi listrik tegangan arus searah dapat digunakan sebagai sumber energi peralatan listrik yang menggunakan sumber tegangan arus bolak-balik. Namun, diperlukan alat bernama inverter yang mampu mengubah tegangan arus searah menjadi tegangan arus bolak-balik. Dalam Tugas Akhir ini, dirancang inverter satu fasa tipe jembatan penuh yang diproses menggunakan mikrokontroler dsPIC30F4011. Pengujian inverter dilakukan dengan memvariasi nilai frekuensi kemudian menganalisis efisiensi inverter ketika diberi beban motor induksi satu fasa dan lampu pijar. Inverter satu fasa jenis jembatan penuh ini sudah berhasil direalisasikan. Pada pengujian antara frekuensi 50-62,5 Hz didapatkan rata-rata tegangan keluaran inverter sebesar 164,43 V dengan beban resistif 100,3  $\Omega$ , 188,21 V dengan beban resistif 40,58  $\Omega$  dan 188,65 V dengan beban motor kipas angin. Dari pengujian tersebut juga didapatkan nilai efisiensi rata-rata yaitu 48,82% ketika berbeban resistif 100,3  $\Omega$ , 58,15% ketika berbeban resistif 40,38  $\Omega$  dan 65,16% ketika berbeban motor kipas angin. Kemudian, didapatkan pula rata-rata rugi-rugi akibat pensaklaran dan konduksi senilai 6,43 W saat beban resistif 100,3  $\Omega$ , 16,19 W saat beban resistif 40,58  $\Omega$  dan 23,16 W saat beban motor.

Kata kunci: Inverter, Inverter satu fasa, Inverter H-bridge, Inverter full bridge, Efisiensi

### Abstract

Electricity is one of the primary energy required to fulfil human needs. As humanity progressing with their technology, non-electric conventional tools could be developed into modern, more efficient tools with electricity. The direct current electricity can be used to power tools with alternating current, but it has to be converted into alternating current using an inverter. In this thesis, an H-bridge type one phase inverter is designed with dsPIC30F4011 microcontroller as its process controller. The inverter then tested by varying its frequency value and then analysing its efficiency with single phase induction motor and lamp as load. After building and testing the H-Bridge single phase inverter by varying its frequency from 50 to 62.5 Hz., the inverter's average voltage outputs are 164.63V with 100.3 $\Omega$  lamp as resistive load, 188.21V with 40.58 $\Omega$  lamp as resistive load and 188.65V with single phase induction motor as its load, from the conducted test, the inverter's efficiency values are 48.82 % for 100.3 $\Omega$  resistive load, 58.15 % for 40.58 $\Omega$  resistive load, and 65.16% for single phase induction motor. The reduction of inverter's efficiency caused by losses in the inverter system, such as switching losses and conduction losses with it's average value of 6.43W with 100.3  $\Omega$  resistive load, 16.19 W with 40.58  $\Omega$  resistive load, and 23.16 W with induction motor load.

Keywords : Inverter, Single Phase Inverter, Inverter H-bridge, Inverter full bridge, Efficiency

### 1. Pendahuluan

Seiring bertambahnya populasi penduduk, kebutuhan pasokan listrik juga meningkat. Oleh karena itu, Pemerintah Indonesia membuat Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) 2018-2027 untuk memenuhi kebutuhan energi Indonesia sebesar 56.024 MW dengan prosentasi batu bara 54.4%, energi terbarukan 23%, gas 22.2% dan BBM 0.4% [1]. Luasnya wilayah Indonesia juga menjadi salah satu tantangan

dalam distribusi energi listrik secara merata khususnya untuk wilayah yang masih minim akan infrastruktur dan transportasi.

Pembangkit listrik merupakan bagian dari alat industri yang digunakan untuk membangkitkan dan menghasilkan tenaga listrik dari berbagai sumber. Sayangnya, mayoritas pembangkit listrik di Indonesia masih bergantung pada pasokan sumber yang tak terbarukan seperti batu bara, gas alam. Oleh karena itu, dibutuhkan energi yang bisa

menggantikan sumber energi tersebut, dapat diperbaharui dan tak terbatas jumlahnya. Salah satu dari sumber energi listrik yang memenuhi kriteria tersebut adalah energi surya.

Penggunaan energi surya atau energi matahari mempunyai beberapa kelebihan selain jumlahnya tak terbatas, yaitu ramah lingkungan, biaya pengoperasian rendah dan dapat dioperasikan secara mandiri. Energi ini dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya yang diletakkan atau dipasang di atap rumah atau gedung. Energi surya yang masuk ke panel surya akan dilanjutkan ke inverter sebagai suplai motor pompa/alat listrik yang terdapat di rumah atau gedung. Motor pompa atau motor kipas angin masih banyak digunakan oleh masyarakat salah satunya untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari[2].

## 2. Metode

Perancangan sistem dalam penelitian ini secara garis besar terdiri dari tiga bagian utama yaitu rangkaian daya, rangkaian MOSFET driver serta perancangan rangkaian kontrol dan algoritmanya.

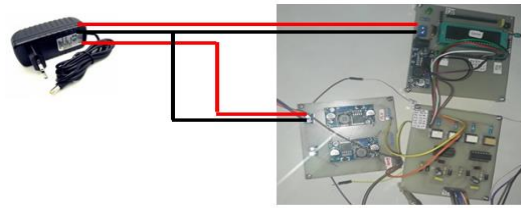
### 2.1. Perancangan Rangkaian Daya

#### 2.1.1. Sumber Tegangan DC

Sumber tegangan yang digunakan adalah tegangan DC yang berasal dari rangkaian *Quadratic Boost Converter* dan adaptor 12 V. Sumber tegangan DC dari *Quadratic Boost Converter* digunakan untuk menyuplai rangkaian daya inverter sedangkan adaptor 12 V untuk menyuplai rangkaian kontrol inverter dan seterusnya.



Gambar 1. *Quadratic Boost Converter*



Gambar 2. Suplai Driver dan Rangkaian Kontrol

#### 2.1.2. Inverter Satu Fasa Jembatan Penuh

*Inverter* yang dirancang adalah *inverter* satu fasa dengan menggunakan topologi jembatan penuh atau yang lebih dikenal dengan *H-bridge* [4][5]. Topologi jembatan penuh ini mempunyai dua kaki. Masing-masing kakinya terdapat dua buah MOSFET sebagai komponen pensaklarannya. Prinsip kerja inverter ini adalah sumber tegangan DC yang berasal dari *Quadratic Boost Converter* sebesar 300 VDC mengalir melewati *DC Bus*. Tegangan +VDC dari *DC Bus* menuju *collector* atau *drain* MOSFET sisi *high*, sementara -VDC dialirkan ke *emitter* atau *source* MOSFET sisi *low* dalam satu kaki. *Output* dari masing-masing kaki diambil dari *source* MOSFET sisi *high* dan *drain* sisi *low* [4][5][6].

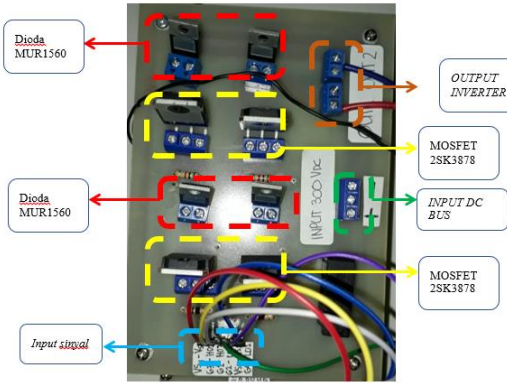
Perancangan *inverter* ini menggunakan dioda *freewheeling* sebagai pengaman MOSFET untuk mencegah arus balik dari beban induktif saat beban tersebut sudah tidak diberi tegangan oleh *inverter*[7]. Dioda *freewheeling* yang digunakan adalah dioda MUR1560G karena mempunyai *rating* maksimum tegangan balik sebesar 600 V dan arus maksimum yang mengalir 15 A [8][9]. MOSFET yang digunakan dalam pembuatan tugas akhir ini adalah tipe 2SK3878 [10]. MOSFET tipe ini dipilih dengan pertimbangan *rating* yang dimiliki sanggup bekerja dengan suplai DC bus dan besar beban yang akan digunakan dalam pengujian. Berikut merupakan spesifikasi MOSFET 2SK3878 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi MOSFET 2SK3878 [10]

Parameter	Simbol	Batas Ambang
Tegangan <i>breakdown drain-source</i>	$V_{DSS}$	900 V
Tegangan saturasi <i>collector-emitter</i>	$V_{CE(ON)}$	2.78 V
Tegangan <i>Gate-Source</i>	$V_{GSS}$	30 V
Arus Kontinu <i>Drain</i>	$I_D$	9
Muatan Total <i>Gate</i>	$Q_g$	60 nC
Waktu Tunda ON	$t_d(ON)$	65 ns
Waktu Tunda OFF	$t_d(OFF)$	120 ns

Tabel 2. Spesifikasi Dioda MUR1560 [8][9]

Parameter	Batas Ambang
DC Blocking Voltage	600 V
Average rectified forward current	15 A
Reverse recovery time	55-60 ns
Operating temperature	175°C



Gambar 3. Inverter satu fasa H-bridge

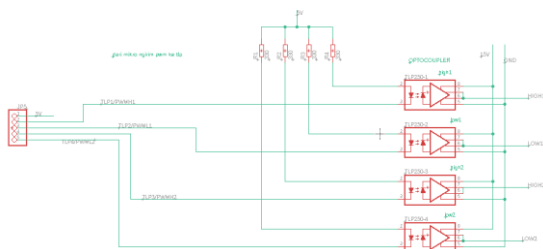
2.2. Perancangan Rangkaian Driver

Driver MOSFET yang dirancang pada tugas akhir ini menggunakan IC TLP250 dan IC IR2110. TLP250 [11] merupakan IC *optocoupler* yang berfungsi untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal keluaran rangkaian kontrol (dsPIC30f4011) sedangkan IC IR2110 [12] sebagai *driver* MOSFET dengan bentuk yang ringkas dan berperforma tinggi. IR2110 mempunyai dua pin *output* yaitu *high out* dan *low out*.

TLP250 dipilih sebagai *driver* MOSFET karena memiliki *propagation delay time* yang cukup cepat dalam pemicuan MOSFET.

Tabel 3. Spesifikasi TLP250 [11]

Parameter	Simbol	Spesifikasi / Nilai Besaran
Input current, on	$I_F$	Maks 10 mA
Input forward voltage	$V_F$	Maks 1,8 V
Supply voltage	$V_{CC}$	15 – 30 V
Peak output current	$I_{OPH} / I_{OPL}$	$\pm 0,5$ A
Operating frequency	$F$	25kHz
Propagation delay time	$t_{pLH} / t_{pHL}$	(0.15 $\mu$ s) , Maks. (0,5 $\mu$ s)



Gambar 4. Skematik TLP250 Pada Driver

IR2110 yang digunakan membutuhkan komponen eksternal untuk dapat bekerja sebagai *Driver*. Komponen tambahan yang dibutuhkan berupa kapasitor dan dioda. Nilai kapasitor dapat ditentukan dengan Persamaan 1:

$$C \geq \frac{2 \left[ 2Q_g + \frac{I_{qbs(max)}}{f} + Q_{ls} + \frac{I_{cbs(leak)}}{f} \right]}{V_{cc} - V_f - V_{LS} - V_{Min}} \quad (1)[12]$$

$$C \geq \frac{2 \left[ 2Q_g + \frac{I_{qbs(max)}}{f} + Q_{ls} + \frac{I_{cbs(leak)}}{f} \right]}{V_{cc} - V_f - V_{LS} - V_{Min}}$$

$$C \geq \frac{2 \left[ 2 \cdot 60 \cdot 10^{-9} + \frac{230 \cdot 10^{-6}}{20000} + 5 \cdot 10^{-9} + \frac{1 \cdot 10^{-6}}{20000} \right]}{15 - 1.3 - 3.5 - 9.5}$$

$$C \geq \frac{8.6490 \cdot 10^{-7}}{0.7}$$

$$C \geq 3.9 \times 10^{-7}$$

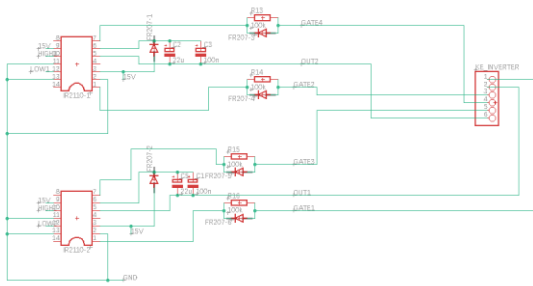
Didapatkan nilai kapasitor *Driver* yaitu  $C \geq 3.9 \times 10^{-7}$  dari hasil perhitungan diatas. Kapasitor yang digunakan adalah jenis kapasitor elektrolit sehingga nilai C minimum dikalikan dengan factor 15, hasilnya adalah 5.85  $\mu$ F. Kapasitor yang digunakan pada tugas akhir ini adalah 22  $\mu$ F. Keluaran pin HO (*high output*) dan LO (*low output*) dari IR2110 dipasang diode FR207[13][14] yang anti paralel terhadap resistor *gate* sebesar 18 ohm untuk mengatasi efek kapasitansi MOSFET yang menyebabkan *delay time* pada sinyal pemicuan. Efek kapasitansi yang disebabkan oleh MOSFET berupa *spike voltage* yang tinggi dan *ringing*.

Berdasarkan *datasheet* dari MOSFET dan IC IR2110 didapatkan nilai-nilai parameter yang ditunjukkan pada Tabel 4.

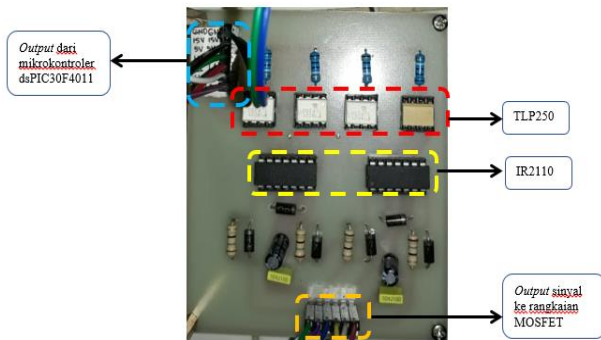
Tabel 4. Parameter kapasitor Driver

Parameter	Simbol	Nilai
MOSFET 2SK3878	$Q_g$	60 nC
Driver capacitor leakage current	$I_{cbs}$	230 $\mu$ A
Quiescent $V_{bs}$ supply current	$I_{qbs}$	230 $\mu$ A
Level shift charge	$Q_{ls}$	5 nC
Tegangan Suplai	$V_{cc}$	15 V
Frekuensi Operasi	$f_o$	20 kHz
Forward voltage drop diode Driver	$V_f$	1.3 V
Drop tegangan yang melalui <i>low side</i> MOSFET	$V_{LS}$ atau $V_{CEmax(on)}$	3.5 V
Tegangan minimum antara $V_B$ dan $V_S$	$V_{min}$	9.5 V

Perancangan rangkaian *driver* kemudian dilanjutkan dengan perancangan skematik IC IR2110 sebagai berikut [12][13].



Gambar 5. Skematik IR2110 Pada Driver

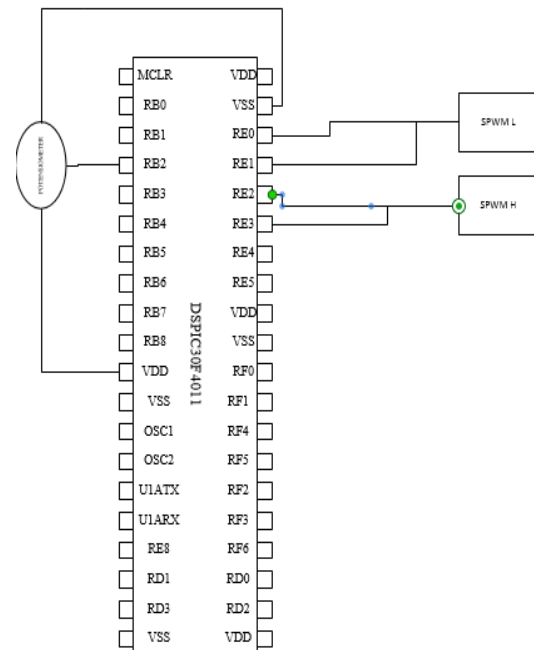


Gambar 6. Rangkaian Driver MOSFET

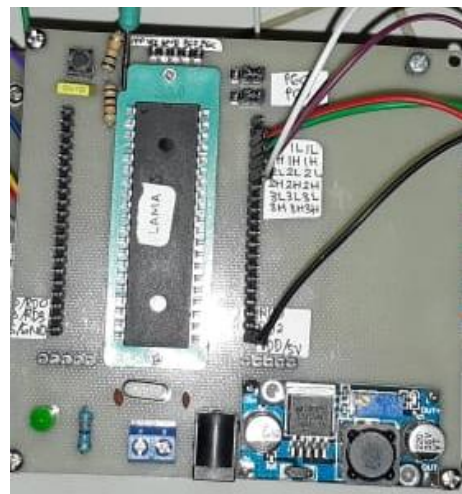
### 2.3. Perancangan Rangkaian Kontrol

Mikrokontroler yang digunakan untuk memproses modulasi inverter, mengolah output data dari sensor kecepatan menggunakan fitur *external interrupt*, dan membaca stimulus dari potensiometer adalah mikrokontroler 16 bit dsPIC30F4011 [15][16]. Mikrokontroler dsPIC30F4011 mempunyai lima port utama yaitu PORT RB, PORT RC, PORT RD, PORT RE dan PORT RF serta memiliki jumlah pin sebanyak 40 buah. Dalam rangkaian kontrol yang digunakan, PIN E0, E1, E2, dan E3 digunakan untuk pemucuan *gate* MOSFET dalam rangkaian *inverter* dimana tiap-tiap PIN E0-E3 menghasilkan sinyal SPWM yang digunakan untuk mengendalikan *switching* pada *inverter* yang telah dirancang.

Perancangan sistem pemucuan MOSFET pada rangkaian inverter jembatan penuh menggunakan dsPIC30F4011. Inverter yang dibuat direncanakan mampu beroperasi pada frekuensi kerja 50 Hz sesuai dengan frekuensi listrik di Indonesia. Untuk pengaturan nilai frekuensi keluaran digunakan potensiometer sebesar 10 kΩ yang dihubungkan pada pin RB2 dsPIC30F4011.



Gambar 7. Alokasi Pin dsPIC30F4011

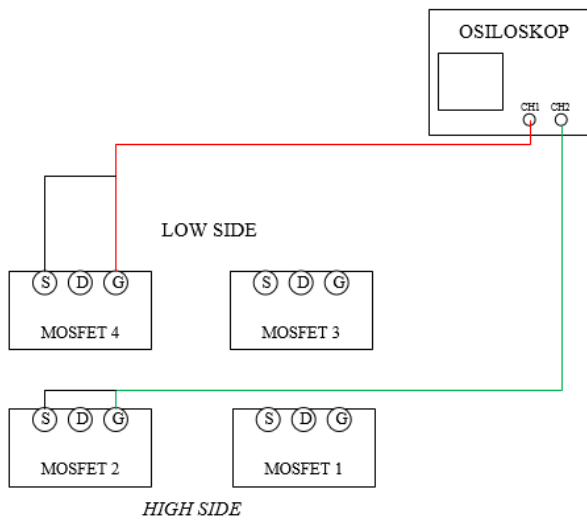


Gambar 8. Realisasi mikrokontroler dsPIC30F4011

## 3. Hasil dan Pembahasan

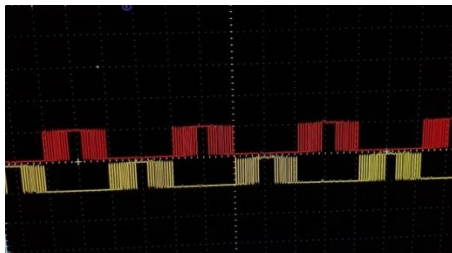
### 3.1. Pengujian Rangkaian Driver

Pengujian keluaran MOSFET Driver dengan IR2110 menggunakan dua *channel* pada osiloskop yang diletakkan di sisi *high* dan sisi *low* dengan titik referensi *ground* yang sama. Pengukuran dilakukan sesuai yang diilustrasikan pada Gambar 9.

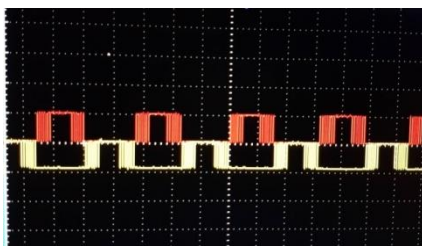


Gambar 9. Rangkaian Pengukuran MOSFET Driver leg 1 (RE0 dan RE1)

Pengujian dilakukan dengan faktor pengali 1, t/div 10 mS dan v/div sebesar 5V. Maka, hasil pengujian keluaran MOSFET driver dengan IR2110 sebagai berikut:



Gambar 10. Sinyal keluaran MOSFET 1 dan MOSFET 4 dengan Frekuensi 50 Hz



Gambar 11. Sinyal keluaran MOSFET 1 dan MOSFET 4 dengan Frekuensi 62.5 Hz

### 3.2. Pengujian Rangkaian Daya

Pengujian rangkaian daya bertujuan untuk mengetahui kinerja *inverter* yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan frekuensi keluaran dan mengukur nilai tegangan masukan, arus masukan, tegangan keluaran, dan arus keluaran, dengan menggunakan variasi beban resistif 100.3 ohm, beban resistif 40.58 ohm, serta beban motor induksi satu fasa, serta menghitung efisiensi *inverter* pada tiap variasi.

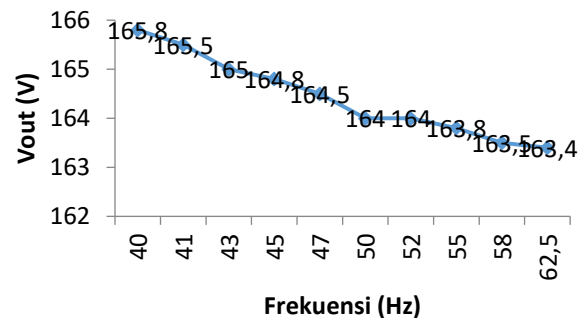
#### 3.2.1. Pengujian Beban Resistif 100.3 Ω

Pengujian dengan beban resistif 100.3 ohm dilakukan dengan cara menghubungkan beban resistif 100.3 ohm dengan keluaran pada rangkaian *inverter*. Berikut merupakan data hasil pengujian rangkaian daya dengan beban resistif 100.3 ohm.

Tabel 5. Hasil pengujian beban resistif 100.3 Ω

Vin (V <sub>DC</sub> )	Frekuensi (Hz)	Iin (A)	Vout (V <sub>AC</sub> )	Iout (A)
315	40	0,16	165,8	0,15
315	41	0,16	165,5	0,15
315	43	0,16	165	0,15
315	45	0,16	164,8	0,15
315	47	0,16	164,5	0,15
315	50	0,15	164	0,14
315	52	0,15	164	0,14
315	55	0,15	163,8	0,14
315	58	0,15	163,5	0,14
315	62,5	0,15	163,4	0,14

Berdasarkan hasil data pengujian pada Tabel 5 dapat dibuat grafik perbandingan antara frekuensi dengan tegangan keluaran seperti pada Gambar 12.

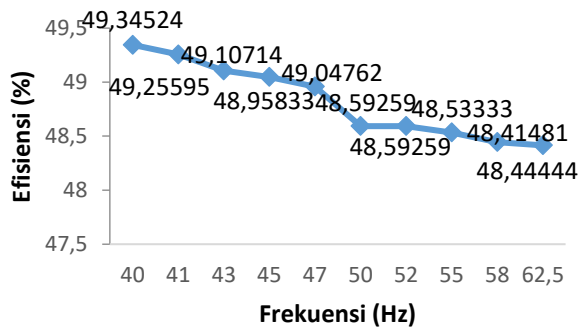


Gambar 12. Grafik hubungan antara frekuensi dengan tegangan keluaran beban 100.3 ohm

Tabel 6. Perhitungan Efisiensi *Inverter* topologi jenis jembatan penuh variasi frekuensi dengan beban resistif 100.3 Ω

Frekuensi (Hz)	Daya Masukan (W)	Daya Keluaran (W)	Efisiensi (%)
40	50,4	24,87	49,34524
41	50,4	24,825	49,25595
43	50,4	24,75	49,10714
45	50,4	24,72	49,04762
47	50,4	24,675	48,95833
50	47,25	22,96	48,59259
52	47,25	22,96	48,59259
55	47,25	22,932	48,53333
58	47,25	22,89	48,44444
62,5	47,25	22,876	48,41481

Nilai dan grafik efisiensi *inverter* dalam pengujian dengan beban 100.3 ohm dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 13.



Gambar 13. Grafik pengaruh frekuensi terhadap Efisiensi saat beban resistif 100.3  $\Omega$

Menurut Tabel 5, Tabel 6, Gambar 12 dan Gambar 13 dapat dilihat bahwa frekuensi tidak terlalu mempengaruhi arus keluaran dan tegangan keluaran. Namun, dalam pengujian ini didapatkan tegangan keluaran yang kurang sesuai dengan perhitungan sehingga selisih hingga 56 V. Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi pensaklaran, rugi-rugi konduksi, perubahan indeks modulasi, rugi-rugi komponen yang digunakan dan lain-lain.

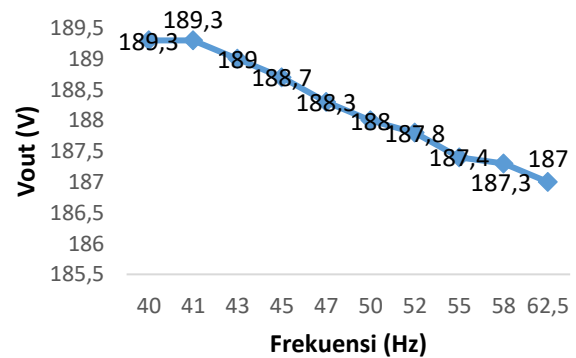
### 3.2.2. Pengujian Beban Resistif 40,58 $\Omega$

Pengujian dengan beban resistif 40.58 ohm dilakukan dengan cara menghubungkan beban resistif 40.58 ohm dengan keluaran atau *output* pada rangkaian *inverter*, serupa dengan cara pengujian dengan beban 100.3 ohm. Berikut merupakan data hasil pengujian rangkaian daya dengan beban resistif 40.58 ohm yang dapat diamati pada Tabel 7 dengan grafik pada Gambar 14.

Tabel 7. Hasil pengujian variasi frekuensi beban resistif 40.58 $\Omega$

Vin (V <sub>dc</sub> )	Frekuensi (Hz)	Iin (A)	Vout (V <sub>ac</sub> )	Iout (A)
315	40	0,38	189,3	0,37
315	41	0,38	189,3	0,37
315	43	0,38	189	0,37
315	45	0,38	188,7	0,37
315	47	0,38	188,3	0,37
315	50	0,37	188	0,36
315	52	0,37	187,8	0,36
315	55	0,37	187,4	0,36
315	58	0,37	187,3	0,36
315	62,5	0,37	187	0,36

Berdasarkan hasil data pengujian pada Tabel 7 dapat dibuat grafik perbandingan antara frekuensi dengan tegangan keluaran seperti pada Gambar 14.

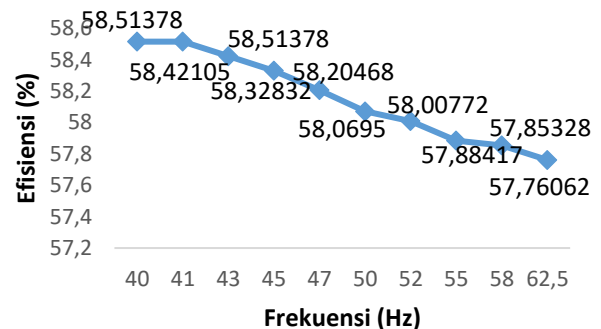


Gambar 14. Grafik hubungan antara frekuensi dengan tegangan keluaran beban 40.58 ohm

Nilai dan grafik dari perhitungan efisiensi rangkaian *inverter* dalam pengujian dengan beban 40.58 ohm dapat dilihat pada Tabel 8 dan Gambar 15 berikut.

Tabel 8. Perhitungan Efisiensi *Inverter* topologi jembatan penuh variasi frekuensi dengan beban resistif 40.58 $\Omega$

Frekuensi (Hz)	Daya Masukan (W)	Daya Keluaran (W)	Efisiensi (%)
40	119,7	70,041	58,51378
41	119,7	70,041	58,51378
43	119,7	69,93	58,42105
45	119,7	69,819	58,32832
47	119,7	69,671	58,20468
50	116,55	67,68	58,0695
52	116,55	67,608	58,00772
55	116,55	67,464	57,88417
58	116,55	67,428	57,85328
62,5	116,55	67,32	57,76062



Gambar 15. Grafik pengaruh frekuensi terhadap Efisiensi saat beban resistif 40.58  $\Omega$

Menurut Tabel 7, Tabel 8, Gambar 14 dan Gambar 15 dapat dilihat bahwa frekuensi tidak terlalu mempengaruhi arus keluaran dan tegangan keluaran. Namun, dalam pengujian ini didapatkan tegangan keluaran yang kurang sesuai dengan perhitungan sehingga selisih hingga 32-36 V. Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi pensaklaran, rugi-rugi konduksi, perubahan indeks modulasi, rugi-rugi komponen yang digunakan dan lain-lain.

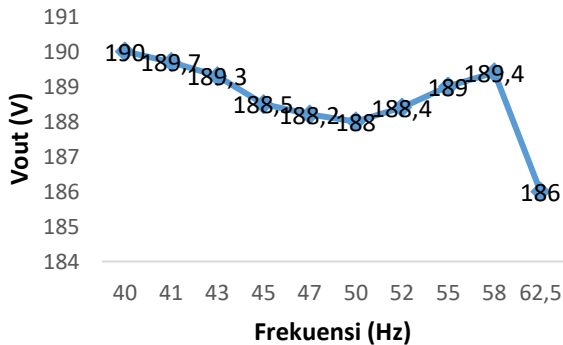
3.2.3. Pengujian Beban Motor Kipas Angin

Pengujian dengan beban motor kipas angin dilakukan dengan cara melepas beban resistif 40.58 ohm dan menggantinya dengan motor induksi satu fasa yang terhubung dengan keluaran atau *output* pada rangkaian *inverter*. Berikut merupakan data hasil pengujian variasi nilai frekuensi keluaran pada rangkaian daya dengan beban induktif berupa motor induksi satu fasa.

Tabel 9. Hasil pengujian variasi frekuensi beban motor kipas angin

Vin (V <sub>dc</sub> )	Frekuensi (Hz)	I <sub>in</sub> (A)	V <sub>out</sub> (V <sub>ac</sub> )	I <sub>out</sub> (A)	Kecepatan Putar (rpm)
315	40	0,48	190	0,55	300,2
315	41	0,47	189,7	0,55	325
315	43	0,46	189,3	0,54	350,5
315	45	0,47	188,5	0,53	375,8
315	47	0,48	188,2	0,51	385,1
315	50	0,48	188	0,5	405,6
315	52	0,48	188,4	0,5	406,5
315	55	0,49	189	0,49	408,5
315	58	0,49	189,4	0,45	410
315	62,5	0,5	186	0,6	392,8

Berdasarkan hasil data pengujian pada Tabel 9 dapat digambarkan grafik perbandingan antara nilai frekuensi yang divariasikan dengan nilai tegangan keluaran yang terukur, seperti pada Gambar 16.



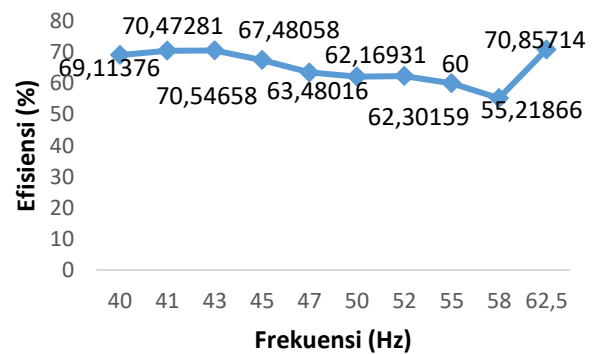
Gambar 16. Grafik hubungan antara frekuensi dengan tegangan keluaran beban motor kipas angin

Nilai dan grafik dari perhitungan efisiensi rangkaian *inverter* dalam pengujian dengan beban induktif dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 17.

Menurut Tabel 9, Tabel 10, Gambar 16 dan Gambar 17 dapat dilihat bahwa frekuensi tidak terlalu mempengaruhi arus keluaran dan tegangan keluaran. Namun, dalam pengujian ini didapatkan tegangan keluaran yang kurang sesuai dengan perhitungan sehingga selisih hingga 34 V. Hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi pensaklaran, rugi-rugi konduksi, perubahan indeks modulasi, rugi-rugi komponen yang digunakan dan lain-lain.

Tabel 10. Perhitungan Efisiensi *Inverter* topologi jembatan penuh variasi frekuensi dengan beban motor kipas angin

Frekuensi (Hz)	Daya Masukan (W)	Daya Keluaran (W)	Efisiensi (%)
40	151,2	104,5	69,11376
41	148,05	104,335	70,47281
43	144,9	102,222	70,54658
45	148,05	99,905	67,48058
47	151,2	95,982	63,48016
50	151,2	94	62,16931
52	151,2	94,2	62,30159
55	154,35	92,61	60
58	154,35	85,23	55,21866
62,5	157,5	111,6	70,85714



Gambar 17. Grafik pengaruh frekuensi terhadap Efisiensi saat beban motor kipas angin

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian pada semua jenis beban menunjukkan bahwa *inverter* satu fasa jenis jembatan penuh sudah berhasil bekerja dengan baik dengan nilai efisiensi rata-rata 48,82921% pada beban resistif 100.3 ohm, 58,15569% dengan beban resistif 40.58 ohm, dan 65,16406% pada beban induktif dengan motor induksi 1 fasa.

Variasi frekuensi mempengaruhi kecepatan putar motor dimana semakin besar nilai frekuensi maka akan semakin besar pula kecepatan putaran motor. Namun, arus keluarannya akan mengecil. Tetapi, ketika variasi frekuensi yang diberikan sudah melebihi *rating* kapasitornya maka arusnya akan meningkat namun tegangan dan kecepatan putarnya menurun.

Referensi

[1]. <https://web.pln.co.id/statics/uploads/2018/04/RUPTL-PLN-2018-2027.pdf> (diakses pada 22 Desember 2019)  
 [2]. Anthony, Zuriman. Pengenalan Motor Induksi 1-Fasa. <https://sisfo.itp.ac.id/bahanajar/BahanAjar/ZurimanAnthony/Mesin%20Listrik%20AC/Bab%20IV.pdf> (diakses pada 4 Maret 2020).

- [3]. M. H. Rashid, Power Electronics Handbook: Circuits, Devices, and Application, Second. San Diego, California: Elsevier Inc, 2007.
- [4]. Wildi, Theodore, Electrical Machines, Drives, and Power Systems, Fifth. new jersey: E. Stewart; Charles, 2002.
- [5]. P. c. Sen, Principles of Electric Machines Power Electronics, Second. Canada, 1996.
- [6]. Eka Maulana, "Teori Dasar MOSFET," [Http://Maulana.Lecture.Ub.Ac.Id/](http://Maulana.Lecture.Ub.Ac.Id/), pp. 1–34, 2014.
- [7]. Beban induktif beban resistif. <http://artikel-teknologi.com/pengertianbeban-resistif-induktif-dan-online> [online] diakses 20 Maret 2019.
- [8]. Products, Fairchild's.2002.MUR1540 MUR1560 RURP1540 RURP1560.Fairchild Semiconductor Corporation.Januari 2002.
- [9]. Fajri, Anis.2019. INVERTER SATU FASA JEMBATAN PENUH BERBASIS MIKROKONTROLER SEBAGAI KONVERTER DAYA PHOTOVOLTAIK UNTUK MOTOR POMPA. Perpustakaan Departemen Teknik Elektro.
- [10]. TOSHIBA.2006.TOSHIBA Field Effect Transistor Silicon N-Channel MOS Type ( $\pi$ -MOSIV) 2SK3878.TOSHIBA.
- [11]. Photocoupler, Toshiba.2004.TLP250.Toshiba.
- [12]. Manual, Control Integrated Circuit Designers.2011.IR2110 High and Low Side Driver.International IOR Rectifier.Datasheet No. PD-6.011E.
- [13]. Mahbub, Syeh Tahmid.2013.Using the high-low side driver IR2110 – explanation and plenty of example circuits. <http://tahmidmc.blogspot.com/2013/01/using-high-low-side-driver-ir2110-with.html> (diakses tanggal 19 Februari 2020)
- [14]. Engineering, Seno Electronic.FR201-FR207 2.0A FAST RECOVERY DIODE.Z ibo Seno Electronic Engineering.
- [15]. dsPIC30F Family Reference Manual.USA.Microchip Technology Incorporated.
- [16]. dsPIC30F4011/dsPIC30F4012.USA.Microchip Technology Incorporated.