

# RANCANG BANGUN MINIATUR SISTEM TRANSMISI DAYA ARUS SEARAH DENGAN *INVERTER* SATU FASA DAN SISTEM MONITORING MENGGUNAKAN *DATA LOGGER* BERBASIS MIKROKONTROLER STM32F103C8T6 DAN *MICROSD CARD MODULE SPI*

Hanest Simon Toga Sitompul <sup>\*)</sup>, Hermawan dan Denis

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

<sup>\*)</sup> E-mail: hanestompul9@gmail.com

## Abstrak

*Inverter satu fasa banyak diaplikasikan pada dunia industri dengan berbagai jenis fungsi, salah satunya adalah dalam penggunaan beban seperti motor, lampu dan lain-lain. Agar dapat menghidupkan sebuah lampu, tegangan dan frekuensi keluaran inverter satu fasa dikendalikan dengan menggunakan mikrokontroler sebagai komponen pengendali utama, MOSFET atau IGBT sebagai komponen utama rangkaian daya, dan driver sebagai rangkaian yang dapat mengisolasi dan meningkatkan level tegangan sinyal dari mikrokontroler. Pada kebanyakan inverter, penggunaan MOSFET memiliki rugi-rugi switching ketika MOSFET turn-on akibat besarnya reverse recovery time pada body diode MOSFET. Sedangkan penggunaan IGBT memiliki kerugian ketika turn-off akibat besarnya fall time yang menyebabkan tailing current. Dengan menggunakan MOSFET dalam satu topologi inverter, tugas akhir ini dapat mengurangi rugi-rugi switching pada fasa turn-off. Pada tugas akhir ini juga dirancang rangkaian bootstrap dengan menggunakan IC IR2110 yang bertujuan untuk memberikan referensi ground ketika kondisi floating supply pada MOSFET sisi atas.*

*Kata Kunci:* Inverter satu fasa, MOSFET, rangkaian bootstrap, IR2110.

## Abstract

*Single phase inverters are widely applied to the industrial world with various types of functions, one of them is the use of loads such as motor, lamp, and others. In order to turn on the lamp, the output voltage and frequency of single phase inverter are controlled by using a microcontroller as the main control component, MOSFET or IGBT as the main power circuit component, and driver as a circuit which can isolate and increase the voltage level of the signal from the microcontroller. In most inverters, the use of MOSFETs has switching losses when the MOSFET is turned-on due to the large reverse recovery time on the MOSFET diode body. While the use of MOSFET has a loss when turn-off due to the large fall time that causes tailing current. By using IGBT in an inverter topology, this final project can reduce switching losses in the turn-on phase. In this final project, a bootstrap circuit is also designed by using IC IR2110 which aims to provide a ground reference when the floating supply condition is on the upper side of MOSFET.*

*Kata kunci:* Single Phase Inverter, MOSFET, bootstrap circuit, IR2110.

## 1. Pendahuluan

*Inverter banyak diaplikasikan pada dunia industri, salah satunya adalah dalam pengendalian kecepatan maupun torsi pada motor induksi. Komponen utama dari sebuah inverter biasanya adalah MOSFET atau IGBT. Pada perancangan konvensional, seringkali suatu inverter hanya menggunakan salah satu dari keduanya [1]. Padahal jika dilihat dari segi rugi-rugi switching, MOSFET memiliki nilai yang cukup besar pada fasa turn-on. Hal ini disebabkan oleh besarnya nilai reverse recovery time pada dioda freewheeling MOSFET. Sehingga pada pemakaian beban yang memiliki nilai induktansi, rugi-rugi switching*

*MOSFET akan meningkat. Pemakaian IGBT juga mempunyai kerugian akibat adanya tailing current selama fall time [3].*

*Driver yang didesain dengan ground terpisah antara high side dan low side pada satu kaki inverter juga membutuhkan suplai yang terpisah pada sisi high. Sehingga pada inverter satu fasa, jumlah power supply yang dibutuhkan adalah sebanyak 4 buah. Hal ini meningkatkan pemakaian daya yang dikonsumsi inverter akibat suplai rangkaian driver [4].*

*Oleh karenanya, dalam Tugas Akhir ini, dirancang menggunakan MOSFET 1 fasa dengan teknik pemecuan SPWM berbasis mikrokontroler STM32, yang dilengkapi*

dengan rangkaian *bootstrap*[6]. Diharapkan *inverter* ini memiliki performa handal dengan konsumsi daya yang rendah karena mengurangi rugi-rugi *switching* dengan menggunakan MOSFET pada Inverter dan mengurangi suplai *driver* dengan cara menggunakan rangkaian *bootstrap* dengan IC IR2110 [10].

## 2. Metode Perancangan

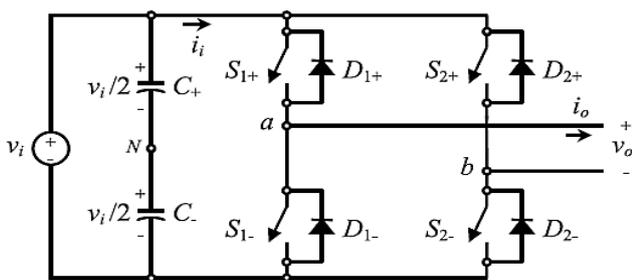
### 2.1. Transmisi Daya Arus Searah

*High Voltage Direct Current* (HVDC) adalah teknologi pengiriman (transmisi) daya listrik dalam bentuk arus searah dengan tegangan tinggi (puluhan sampai ratusan kV). Transmisi daya listrik dengan menggunakan arus DC dapat mengurangi rugi-rugi saluran yang disebabkan karena adanya reaktansi pada saluran. Tegangan jatuh yang dihasilkan pada saluran lebih kecil karena hanya ada rugi-rugi resistansi sehingga kapasitas daya kirim dapat maksimal.

Prinsip dasar teknologi ini adalah pengubahan arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) yang kemudian akan disalurkan menuju ke daerah lain yang letaknya berjauhan melalui saluran transmisi dan selanjutnya akan dilakukan proses pengubahan kembali sumber DC ke AC sebelum akhirnya nanti sampai ke beban (konsumen).

### 2.2. Inverter Satu Fasa

*Inverter* jenis ini terdiri atas dua *leg* saklar yang identik, dimana setiap *leg* terdiri dari masing-masing dua saklar[15]. *Inverter* jenis ini juga dikenal dengan sebutan *H-Bridge Inverter*. Pada umumnya, jenis *inverter* ini lebih sering dipilih untuk penggunaan dengan nilai daya yang lebih tinggi. Tegangan keluaran maksimum dari *inverter* jenis ini adalah dua kali lipat lebih besar dari *inverter* jenis setengah jembatan atau *Half Bridge Inverter* dikarenakan seluruh tegangan DC dari DC bus dapat dialirkan melalui beban, berbeda dengan *inverter half bridge* dimana hanya setengah dari tegangan DC bus yang dialirkan melalui beban. Hal ini berarti untuk nilai daya yang sama, nilai arus keluaran dan arus saklar pada *inverter full bridge* bernilai setengah dari besaran tersebut pada *inverter half bridge*[12].



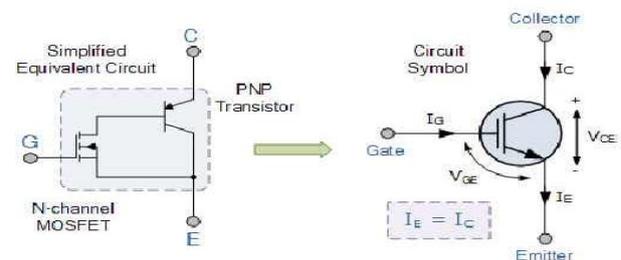
Gambar 1 rangkaian standar *inverter* satu fasa

Prinsip kerja rangkaian *Inverter* adalah menggunakan kapasitor DC yang dipasang seri sebagai media penyimpanan tegangan sementara yang nantinya tegangan tersebut digunakan sebagai sumber tegangan DC rangkai *Inverter*. Dalam aplikasinya kapasitor C merupakan bagian dari penyearah yang memberikan tegangan DC pada *inverter*. Pada rangkaian *inverter* satu fasa terdapat empat buah saklar MOSFET seperti Gambar 1.

### 2.3. MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

MOSFET memiliki kecepatan pensaklaran/ frekuensi kerja yang lebih tinggi dibanding transistor lainnya. Oleh sebab itulah MOSFET sering digunakan dalam driver (alat penggerak motor) yang membutuhkan arus yang besar dan beroperasi di tegangan tinggi, karena memiliki efisiensi yang lebih baik dibanding jenis transistor lainnya. MOSFET juga memiliki impedansi input yang sangat tinggi sehingga tidak membebani rangkaian pengendalinya atau sering disebut rangkaian driver.

Gambar 2.



Gambar 2. MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

Dari Gambar 2 MOSFET memiliki 3 terminal dengan gabungan dari insulated N channel MOSFET input dengan PNP bipolar transistor output yang dihubungkan dengan tipe konfigurasi darlington. Sebagai keseluruhan di namakan sebagai: collector, emitter, dan gate.

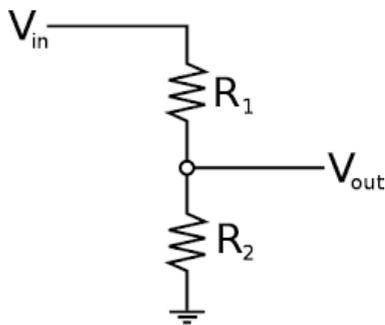
Karena MOSFET merupakan perangkat yang dikendalikan dengan kendali tegangan, maka hanya dibutuhkan tegangan yang kecil untuk mengendalikan gate atau  $V_{ge} > V_{th}$  untuk menentukan kondisi On nya. Sehingga saat gate dalam kondisi High maka akan ada arus yang mengalir di Basis pada transistor sehingga arus collector ( $I_c$ ) akan mengalir ke emitter. Saat Gate diberikan Tidak seperti BJT yang menggunakan arus sebagai pengendali untuk menuju ke kondisi saturasi. MOSFET juga merupakan perangkat searah ( unidirectional device ), yang berarti hanya bisa dilalui oleh arus forward yaitu arus dari collector ke emitter.

## 2.4. Sistem Monitoring

Sistem monitoring yang dibuat berupa monitoring tegangan dan arus pada awal dan akhir saluran. Sensor tegangan yang digunakan yaitu sensor pembagi tegangan dan sensor arus resistor *shunt*, dan pembacaan sensor akan dikirim ke Thingspeak dan bisa diakses secara *online* dan *real time*.

- Sensor Pembagi Tegangan

Rangkaian ini terdiri dari satu buah resistor variabel 500 Kohm dan satu buah resistor biasa yang berfungsi untuk membagi tegangan keluaran *inverter*. Rangkaian pembagi tegangan ditunjukkan pada Gambar 3.



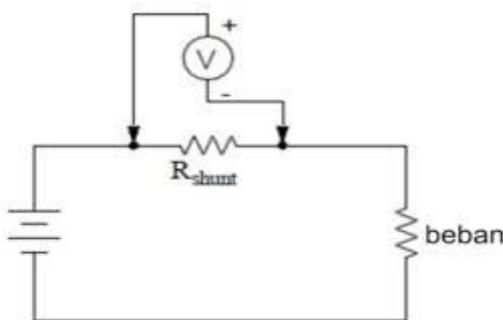
Gambar 3. Rangkaian Pembagi Tegangan

Nilai tegangan *Inverter* diatur maksimal sebesar 400 volt untuk mendapatkan nilai 5 V dari pembagi tegangan. Nilai hambatan  $R_1$  dan  $R_2$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan xxx berikut:

$$V_{OUT} = V_{IN} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (3.6)$$

- Sensor arus (*Resistor Shunt*)

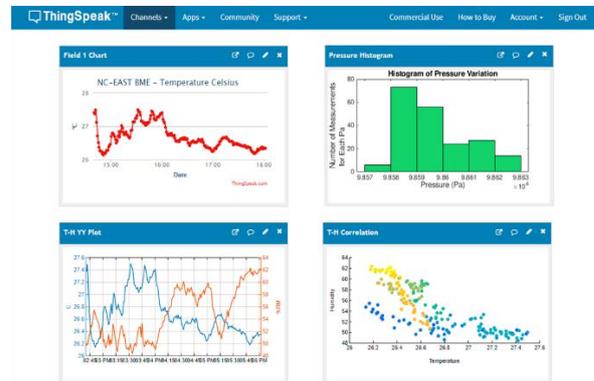
Metode yang akan digunakan untuk mengukur besar nilai arus yang mengalir pada rangkaian adalah dengan menggunakan resistor *shunt*. Rangkaian resistor shunt yang digunakan pada rangkaian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Resistor Shunt

- Websaver Thingspeak

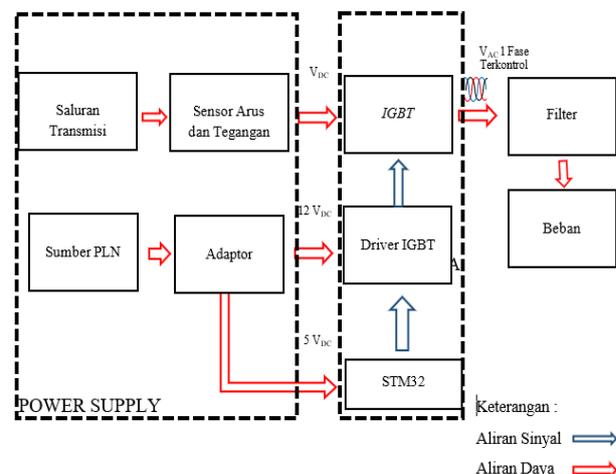
ThingSpeak adalah *platform open source Internet of Things* (IoT) aplikasi dan API untuk menyimpan dan mengambil data menggunakan protocol HTTP melalui internet atau melalui Local Area Network. ThingSpeak memungkinkan pembuatan aplikasi sensor logging, aplikasi lokasi pelacakan, dan lain-lain.



Gambar 5. Tampilan Thingspeak

## 2.5. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras *voltage-source inverter* (VSI) satu fasa yang dilakukan pada tugas akhir ini terdiri dari beberapa blok diagram utama, yaitu blok suplai AC 1 fasa, rangkaian kontrol yang terdiri dari mikrokontroler STM32 dan rangkaian driver MOSFET yang dilengkapi dengan *bootstrap circuit*, sensor arus dan tegangan, serta beban. Diagram blok perangkat keras pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok utama perancangan perangkat keras

Spesifikasi *voltage-source inverter* (VSI) satu fasa berdasarkan gambar 6:

1. Sumber tegangan AC 1 fasa dikonversi menjadi tegangan DC 1 fasa yang kemudian digunakan sebagai suplai rangkaian daya dan rangkaian kontrol
2. Mikrokontroler STM32 digunakan untuk menghasilkan sinyal kontrol pemicuan *sinusoidal pulse-width modulation* (SPWM).
3. Driver MOSFET yang digunakan adalah TLP250 yang dilengkapi dengan rangkaian *bootstrap* dengan IC IR2110.
4. *Inverter* yang dirancang adalah jenis *voltage-source inverter* (VSI) satu fasa yang terdiri dari 4 buah MOSFET.
5. Beban yang digunakan adalah lampu yang bervariasi besaran watt-nya.

### 2.6. Suplai Driver

Diketahui  $\Delta V_o$  adalah ripple tegangan yang diharapkan dengan nilai 0.1V,  $f$  adalah frekuensi dengan nilai 50Hz, dan  $I$  adalah arus yang mengalir pada driver dengan nilai 0.052A. Nilai arus didapatkan dari percobaan suplai driver menggunakan power supply DC 24 V<sub>dc</sub>.

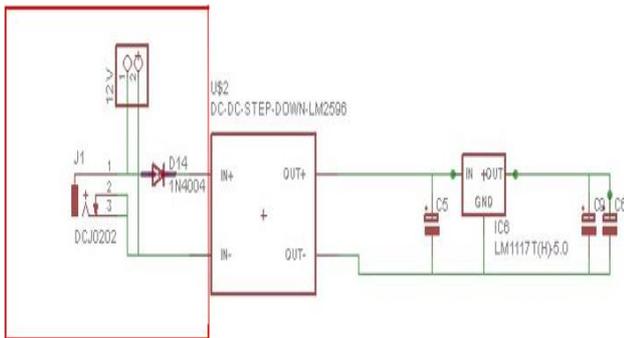
$$\Delta V_o = \frac{I}{2fC}$$

$$C = \frac{I}{2f\Delta V_o}$$

$$C = \frac{0.052}{2 \cdot 50 \cdot 0.1}$$

$$C = 0.00525F$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diketahui nilai kapasitor minimal adalah sebesar 5250uF, sehingga pada tugas akhir ini kapasitor yang digunakan adalah 5 buah kapasitor 1000uF dan 1 buah kapasitor 470uF yang diparalel dengan tegangan maksimum kapasitor mencapai 50V<sub>dc</sub>. Keluaran penyearah gelombang penuh kemudian diatur besar tegangannya menggunakan modul *buck converter* LM2596 yang dapat diatur tegangan keluarannya. Tegangan keluaran LM2596 yang digunakan adalah 12V<sub>dc</sub>.



Gambar 7. Diagram blok utama perancangan perangkat keras

Kapasitor pada output penyearah digunakan untuk mengurangi ripple gelombang tegangan keluaran. Semakin

besar kapasitansi dari kapasitor, maka gelombang tegangan keluaran semakin bagus. Gambar 7 telah mendekati spesifikasi perancangan penyearah suplai driver 12V yang digunakan.

### 2.7. Suplai Rangkaian Kontrol

Diketahui  $\Delta V_o$  adalah ripple tegangan yang diharapkan dengan nilai 0.1V,  $f$  adalah frekuensi dengan nilai 50Hz, dan  $I$  adalah arus yang mengalir pada rangkaian kontrol dengan nilai 0.018A. Nilai arus didapatkan dari percobaan suplai rangkaian kontrol menggunakan power supply DC 24 V<sub>dc</sub>.

$$\Delta V_o = \frac{I}{2fC}$$

$$C = \frac{I}{2f\Delta V_o}$$

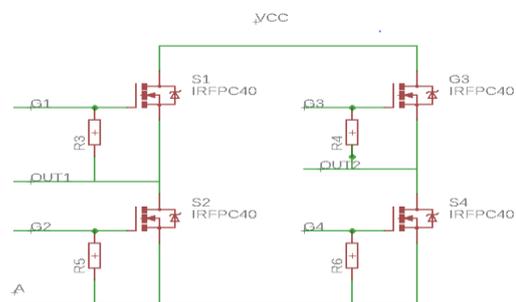
$$C = \frac{0.018}{2 \cdot 50 \cdot 0.1}$$

$$C = 0.0018F$$

### 2.8. Inverter Satu Fasa

*Inverter* satu fasa pada tugas akhir ini menggunakan topologi *voltage-source inverter* (VSI). Nilai frekuensi dan fasa tegangan keluaran dapat diatur magnitudenya, sedangkan arus yang ditarik dari sumber dipengaruhi oleh besarnya beban yang digunakan.

Pada tugas akhir ini dilakukan 4 buah MOSFET pada sisi *high*. Sehingga dalam 1 *leg* terdapat komponen MOSFET. DC link yang digunakan merupakan hasil keluaran dari *boost converter* yang melalui saluran dengan besaran tegangan 400 VDC. Topologi *inverter* satu fasa yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Topologi inverter satu fasa

MOSFET pada sisi bawah (*high side*) bekerja secara komplement. *Gate* MOSFET pada sisi atas terhubung dengan pin HO (*high output*) dari IR2110 dengan referensi *ground* V<sub>s</sub> yang terhubung dengan rangkaian *bootstrap*. Tiap IGBT pada sisi atas memiliki referensi V<sub>s</sub> yang berbeda. *Gate* pada MOSFET terhubung dengan pin LO (*low output*) dari IR2110 dengan referensi *ground* yang sama di semua MOSFET sisi bawah.

Tidak ada perbedaan efek akibat penempatan MOSFET pada sisi *high* atau *low*. Namun yang perlu diperhatikan adalah dalam satu kaki perlu ada MOSFET [1].

MOSFET tipe IRFP460 dipilih dengan pertimbangan rating yang dimiliki sudah dapat bekerja dengan suplai DC-link dan besar beban lampu yang diujikan pada tugas akhir ini.

Tabel 1. Spesifikasi IRFP460

Parameter	Simbol	Limit	Satuan
Collector – Emitter voltage	$V_{CE}$	1200	V
Gate – Emitter voltage	$V_{GE}$	$\pm 20$	V
Continuous Collector Current	$I_D$	45	A
Total Gate Charge	$Q_g$	250	nC
Turn-on delay	$t_{d(on)}$	35	ns
Turn-off delay	$t_{d(off)}$	350	ns

• Mosfet

Pemilihan Mosfet harus memperhatikan nilai tegangan dan arus yang bekerja pada *inverter*. Tegangan kerja pada perancangan ini adalah 400 VDC dan arus yang mengalir pada IGBT maksimal 0.71 A, maka Mosfet yang digunakan adalah IRFP460. Spesifikasi dari IRFP460 ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 2. rating IRFP460

Parameter	Simbol	Batas max
Collector – Emitter voltage	$V_{CE}$	1200 V
Gate – Emitter voltage	$V_{GE}$	$\pm 20$ V
Continuous Collector Current	$I_D$	45 A
Total Gate Charge	$Q_g$	250 nC
Turn-on delay	$t_{d(on)}$	35 ns
Turn-off delay	$t_{d(off)}$	350 ns

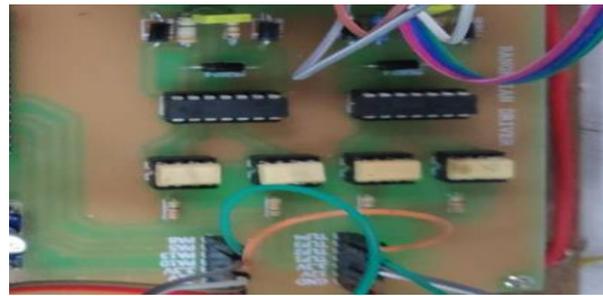
• Driver Mosfet

Rangkaian TLP250 digunakan untuk mengisolasi dan menguatkan sinyal kontrol *Proportional Integral* dengan level tegangan 5 Volt yang dibangkitkan oleh mikrokontroler STM32 menjadi level tegangan yang lebih tinggi untuk memicu IGBT sebagai *driver*. Spesifikasi dari TLP250 ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 3. spesifikasi TLP250

Parameter	Simbol	Spesifikasi
Input current, on	$I_f$	Maks. 10 mA
Input forward voltage	$V_f$	1,6 V, Maks 1,8 V
Supply voltage	$V_{CC}$	10 – 35 V
Peak output current	$I_{OPH}/I_{OPL}$	$\pm 0,5$ A
Propagation-Delay time	L → H H → L	$t_{pLH}$ $t_{pHL}$ (0.15 $\mu$ s), Maks. (0.5 $\mu$ s)

Berikut adalah gambar rangkaian driver yang digunakan:



Gambar 9. Rangkaian Driver

2.9. Perancangan Miniatur Saluran dan Menara Transmisi

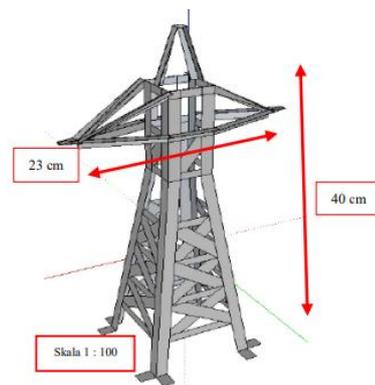
Pada perancangan miniature saluran dan menara transmisi ini terlebih dahulu dirancang bidang alas permukaan menara menggunakan papan kayu triplek dengan dimensi:

- Panjang : 122 cm
- Lebar : 185 cm
- Tebal : 2 cm

Pemilihan bahan pada perancangan bidang alas ini berdasarkan kekuatan dan mudah dibentuk.

• Perancangan Miniatur Menara Transmisi

Pembuatan menara transmisi ini menggunakan plat aluminium dan aluminium siku sebagai bahan pembuatan menara. Bentuk menara yang dibuat memiliki bentuk huruf ‘T’ dengan tinggi dan lebarnya 40 cm x 23 cm. gambar 10 menunjukkan bentuk menara yang dibuat.



Gambar 10. bentuk rancang menara transmisi

• Perancangan Kabel Saluran Transmisi

Perancangan saluran transmisi ini menggunakan kabel jenis NYA. saluran transmisi yang digunakan memiliki panjang dengan 3 variasi, yaitu :

- Variasi 1 : 10 meter
- Variasi 2 : 20 meter
- Variasi 3 : 30 meter

Tujuan dari variasi panjang saluran ini adalah untuk mengetahui pengaruh panjang saluran terhadap tegangan jatuh pada transmisi daya arus searah. Untuk lebih jelasnya Gambar 11. menunjukkan jenis kabel yang akan digunakan.

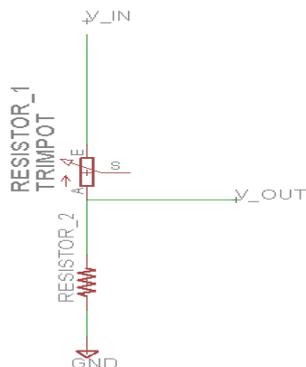


Gambar 11. kabel saluran transmisi

### 2.10. Sistem Monitoring

- Sensor Pembagi Tegangan

Rangkaian ini terdiri dari satu buah resistor variabel 500 Kohm dan satu buah resistor biasa yang berfungsi untuk membagi tegangan keluaran *boost converter*. Rangkaian pembagi tegangan ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Rangkaian Pembagi Tegangan

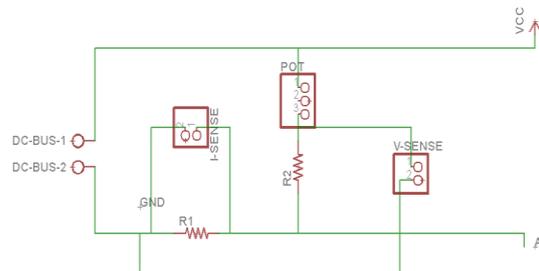
Nilai tegangan *boost converter* diatur maksimal sebesar 400 volt untuk mendapatkan nilai 5 V dari pembagi tegangan. Nilai hambatan  $R_1$  dan  $R_2$  dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut:

$$V_{OUT} = V_{IN} \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (1.1)$$

- Sensor arus (*Resistor Shunt*)

Metode yang akan digunakan untuk mengukur besar nilai arus yang mengalir pada rangkaian adalah dengan menggunakan resistor *shunt*. Rangkaian resistor shunt

yang digunakan pada rangkaian ditunjukkan pada Gambar 13.

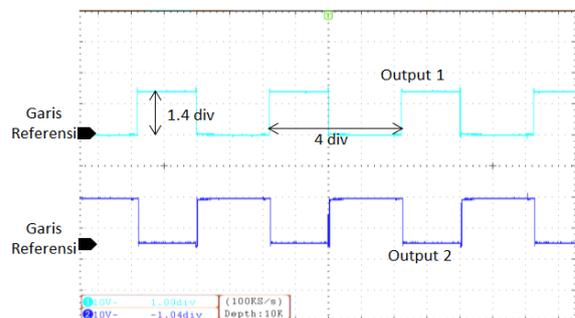


Gambar 13. Rangkaian Resistor Shunt

## 3. Pengujian dan Analisis

### 3.1. Pengujian Gelombang Keluaran MOSFET Driver TLP250

Pengujian pada rangkaian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa gelombang tegangan keluaran dari MOSFET *driver* TLP250 sesuai dengan hasil perancangan dan dapat digunakan untuk pemicuan IGBT pada rangkaian *inverter*.



Gambar 14. Gelombang keluaran *driver* IGBT TLP250

Berdasarkan Gambar 14. hasil pengujian gelombang keluaran *driver* IGBT TLP250 sudah sesuai. Tegangan keluaran dari TLP250 sudah dapat memicu MOSFET.

### 3.2. Pengujian Inverter dengan beban

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi inverter dengan filter dalam kondisi berbeban. Pengujian dilakukan dengan mengukur nilai tegangan, arus, cos phi pada sisi masukan dan keluaran inverter. Berikut merupakan hasil pengukuran inverter dengan filter beban lampu.

#### 3.2.1. Pengukuran inverter dengan beban pada saluran 10 Meter.

Berdasarkan hasil data hasil pengujian pada Tabel 5. dapat dihitung nilai efisiensi dari inverter satu fasa dengan nilai

perbandingan daya keluaran dibanding dengan daya input untuk beban stand drill.

**Tabel 5. Hasil pengukuran inverter dengan beban pada saluran 10 Meter.**

lampu(Watt)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
25	320	0.34	201.7	0.6
40	320	0.36	216.3	0.562
60	320	0.38	218.1	0.538
100	320	0.4	220.6	0.519

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

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

Daya Keluaran (sampel frekuensi 100 watt):

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 220.6 \times 0,519$$

$$P_{out} = 103.04 \text{ W}$$

Daya Keluaran (sampel 100 watt):

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

$$P_{in} = 320 \times 0.4$$

$$P_{in} = 128 \text{ W}$$

Dari Perhitungan tersebut maka didapatkan nilai efisiensi dari inverter adalah:

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

$$n = \frac{103.048}{128} \times 100 \%$$

$$n = 80.5 \%$$

Jadi didapatkan nilai Efisiensi sebesar 80.5%.

### 3.2.2. Pengukuran inverter dengan beban pada saluran 20 Meter.

**Tabel 6. Hasil pengukuran inverter dengan beban pada saluran 20 Meter**

lampu(Watt)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
25	320	0.3	198.2	0.7
40	320	0.36	199.02	0.65
60	320	0.38	203.5	0.64
100	320	0.4	205.8	0.59

Berdasarkan hasil data hasil pengujian pada Tabel 6. dapat dihitung nilai efisiensi dari inverter satu fasa dengan nilai perbandingan daya keluaran dibanding dengan daya input untuk beban stand drill.

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

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

Daya Keluaran (sampel frekuensi 100 watt):

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 205.8 \times 0,59$$

$$P_{out} = 121.422 \text{ W}$$

Daya Keluaran (sampel 100 watt):

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

$$P_{in} = 320 \times 0.4$$

$$P_{in} = 128 \text{ W}$$

Dari Perhitungan tersebut maka didapatkan nilai efisiensi dari inverter adalah:

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

$$n = \frac{121.422}{128} \times 100 \%$$

$$n = 94.8 \%$$

Jadi didapatkan nilai Efisiensi sebesar 94.8%.

### 3.2.3. Pengukuran inverter dengan beban pada saluran 30 Meter.

**Tabel 7. Hasil pengukuran inverter dengan beban pada saluran 30 Meter.**

lampu(Watt)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
25	320	0.3	183.0	0.78
40	320	0.36	185.7	0.75
60	320	0.38	190.7	0.64
100	320	0.4	192.9	0.62

Berdasarkan hasil data hasil pengujian pada Tabel 6. dapat dihitung nilai efisiensi dari inverter satu fasa dengan nilai perbandingan daya keluaran dibanding dengan daya input untuk beban stand drill.

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

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

Daya Keluaran (sampel frekuensi 100 watt):

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 192.9 \times 0,62$$

$$P_{out} = 121.422 \text{ W}$$

Daya Keluaran (sampel 100 watt):

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

$$P_{in} = 320 \times 0.4$$

$$P_{in} = 128 \text{ W}$$

Dari Perhitungan tersebut maka didapatkan nilai efisiensi dari inverter adalah:

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

$$n = \frac{119,598}{128} \times 100 \%$$

$$n = 93.4 \%$$

Jadi didapatkan nilai Efisiensi sebesar 93.4%.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Rangkaian *bootstrap* dengan IC IR2110 telah berhasil direalisasikan dan dapat menghasilkan referensi *ground* untuk MOSFET sisi atas pada saat kondisi *floating supply*.

Topologi *inverter* yang hanya menggunakan MOSFET memiliki *switching losses* yang lebih besar

Nilai *fall time* pada *inverter* yang menggunakan MOSFET memiliki nilai yang paling besar, yaitu 400nS.

## Referensi

- [1]. Vencislav C. Valchev, Angel St. Marinov dan Alex Van Den Bossche, Applications of Combined MOSFET-IGBT Power Leg with Reduced Switching Losses, Bulgaria.
- [2]. Hart, Daniel W., Power Electronics, vol. I, McGraw-Hill, 2011.
- [3]. M. H. Rashid, Power Electronics Handbook, Florida: Elsevier, 2007.
- [4]. T. L. Skvarenina, The Power Electronics Handbook, West Lafayette, Indiana: CRC Press LLC, 2002.
- [5]. Fairchild, Design and Application Guide of Bootstrap Circuit for High-Voltage Gate-Drive IC.
- [6]. P. Trivedi, Design of a Driver IC-IR2110 for MOSFET in Half Bridge Drive, Ahmebad, 2016.
- [7]. Smith, A Comparison of Voltage-Mode Soft-Switching Methods for PWM Converters, vol. 12, IEEE Transactions on Power Electronics, March 1997
- [8]. Zhang J. M., Comparison Study of Phase-Shifted Full Bridge ZVS Converters, Annual IEEE PESC, 2004.
- [9]. Vencislav, Design Considerations and Loss Anylasis of ZVS Boost Converter, vol. 148, January 2001, pp. 29-33.
- [10]. D. A. K. S. A. Thakur, An Overview of Different PWM Techniques to Reduce Total Harmonic Distortion of Output in., vol. 3, 2016.
- [11]. Semiconductors, IGBT/MOSFET Gate Drive Optocoupler, vol. 26, 2011.
- [12]. IOR RECTIFIER, IRG4PH50U Ultra Fast Speed IGBT, International IOR Rectifier, 2002.
- [13]. Seno Electronic Engineering, "FR201-FR207, 2.0A Fast Recovery Diode," Zibo Seno Electronic Engineering Co., Ltd.
- [14]. "MOSFET Gate Drive Circuit Aplication Note," Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation, 2018.
- [15]. Tadiran Batteries, "Leakage Current Properties of Modern Electrolytic Capacitors," BC Components, Budingen, Germany, 2000.