

Rancang Bangun Inverter 1 Phasa dengan Kontrol Pembangkit *Pulse Width Modulation (PWM)*

Yustinus Andrianus Sinaga¹, Ahmad Saudi Samosir², Abdul Haris³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹yustinus.andrianus.sinaga@gmail.com

²ahmad.saudi@eng.unila.ac.id

³abdul.haris@eng.unila.ac.id

Intisari---Inverter merupakan salah satu alat elektronika yang berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensi dapat diatur, *output* suatu inverter berupa tegangan AC dengan bentuk berupa gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan gelombang sinus modifikasi (*sine wave modified*). *Pulse width modulation (PWM)* secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Proses pembangkitan PWM dapat dilakukan dengan cara membangkitkan gelombang segitiga dan gelombang sinus secara diskret dengan metode *look up table*, kemudian dilakukan perbandingan untuk masing-masing nilai amplitud gelombang sinus dan segitiga. Dari hasil analisa diketahui pengaruh mylar pada rangkaian pembangkit pulsa menunjukkan bahwa semakin besar nilai mylar yang digunakan maka frekuensi yang dihasilkan akan semakin kecil, dengan menggunakan kapasitor CT 220 nf dan resistor RT yang terdiri dari resistor 4K7 dihubung seri dengan potensiometer 100 K didapatkan frekuensi berkisar 55 Hz sampai 550 Hz, untuk menghasilkan output inverter 60 Hz digunakan kapasitor CT 220 nf dan resistor RT 5,35 K.

Kata kunci---Inverter, *Pulse width modulation (PWM)*, Proses pembangkitan PWM

Abstract---Inverter is one of the electronic devices that has a function to convert direct current (DC) into alternating current (AC) where the amount of voltage and frequency are can be set, the output of an inverter is an AC voltage in variety of waveform like sinusoidal(*sine wave*), a square wave or modified sinusoidal wave. Generally, *Pulse width modulation (PWM)* in general is a way of manipulating the width of the signal represented by pulses over a longer period, to get the average voltage is different. PWM generation process can be done by a wave of the triangle and sinusoidal wave discretely with a look up table method, then do a comparison for each amplitude value of the sine wave and triangular. From the analysis, the effect mylar on pulse generator shows that the greater the value of mylar is used, the frequency generated will be smaller, by using capacitors CT 220 nf and resistor RT which consists of resistor 4K7 linked in series with a potentiometer 100 K obtained a frequency of approximately 55 Hz to 550 Hz, to produce 60 Hz output inverter used CT 220 nf capacitor and resistor RT of 5.35 K.

Keywords---Inverter, modulation Pulse width (PWM), the PWM generation process

I.PENDAHULUAN

Penggunaan peralatan elektronika pada zaman ini sangat begitu pesat, sehingga sebuah peralatan elektronika tidak dapat dilepaskan dari kehidupan umat manusia, peralatan elektronika juga menjadi sahabat

sejati manusia untuk melakukan kegiatan sehari-hari karena dapat mempermudah pekerjaan dan kegiatan yang setiap hari selalu dilakukan. Namun pada akhir-akhir ini aliran listrik dari PLN seringkali terputus karena suatu gangguan atau karena adanya pembagian suplay tegangan dari pembangkit

yang disebabkan oleh banyaknya pelanggan, sehingga kita tidak dapat menggunakan peralatan elektronika.

Inverter adalah sebuah rangkaian yang dapat diaplikasikan untuk menggantikan peran dari PLN pada saat terjadinya pemadaman atau gangguan dari PLN seperti yang sering kita alami belakangan ini, inverter ini berfungsi sebagai penyedia listrik cadangan baik di kendaraan maupun dirumah, sebagai *Emergency power* saat aliran listrik rumah padam. Selain itu di masa mendatang, inverter akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber energi terbarukan menjadi energi listrik AC yang kita gunakan sehari-hari. Dalam aplikasinya, inverter ini dapat digunakan pada perangkat rumah tangga, komputer, peralatan pertukangan, pompa air, kipas angin, sistem suplai energi pada rumah di daerah terpencil dan berbagai barang elektronik lainnya.

Maka dari pada itu tugas akhir ini membuat sebuah alat yaitu inverter yang fungsinya dapat mengubah tegangan DC 12 Volt menjadi AC 220 Volt sehingga sebuah peralatan elektronika dapat digunakan walaupun tanpa adanya aliran listrik PLN.

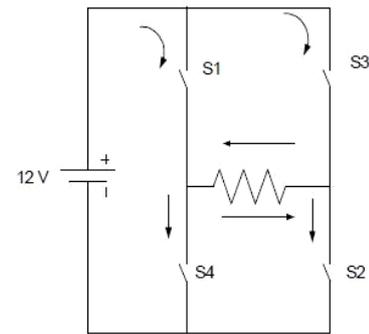
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Inverter

Inverter merupakan suatu alat elektronika yang berfungsi mengubah dari sumber tegangan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan besaran tegangan dan frekuensinya dapat diatur.

1. Prinsip Kerja Inverter

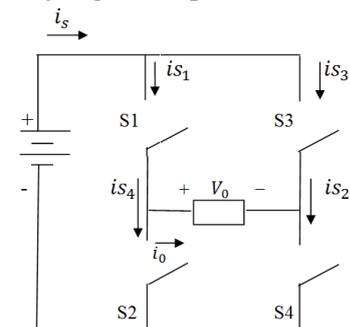
Prinsip kerja inverter dapat dijelaskan pada Gbr. 1 dengan menggunakan 4 sakelar. Bila sakelar S1 dan S2 dalam kondisi on maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kiri ke kanan, jika yang hidup adalah sakelar S3 dan S4 maka akan mengalir aliran arus DC ke beban R dari arah kanan ke kiri. Inverter biasanya menggunakan rangkaian modulasi lebar pulsa *pulse width modulation* (PWM) dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC.



Gbr. 1 Prinsip Kerja Inverter

B. Full Bridge inverter

Full bridge inverter pada Gbr. 2 adalah rangkaian dasar untuk mengubah dari DC ke AC. Tegangan keluaran AC dapat dikendalikan dengan mengatur urutan penyalaan dan pemadaman saklar dari masukan DC. Tegangan keluaran V_o dapat menjadi $+V_{dc}$, $-V_{dc}$ atau nol tergantung pada saklar yang ditutup.



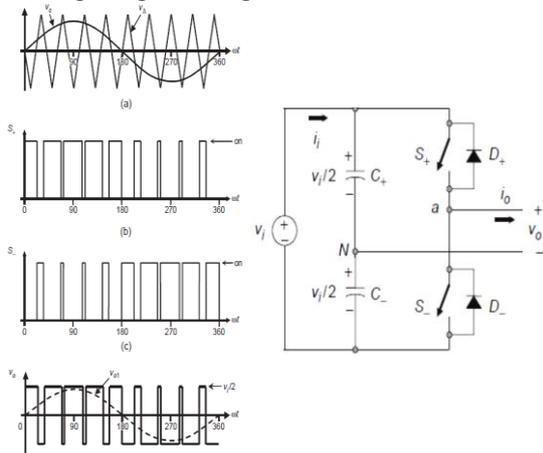
Gbr. 2 Full Bridge Inverter.

Untuk S1 dan S4 tidak diharuskan tertutup secara bersamaan, demikian juga S2 dan S3 karena akan berakibat hubung singkat pada sumber DC. Pada kenyataannya saklar yang sebenarnya tidak dapat dihidupkan dan dimatikan secara seketika. Oleh karenanya, waktu transisi pensaklaran harus diperhitungkan dalam pengendalian saklarnya. Setiap kali terjadi *overlap* pada saklar konduksi akan mengakibatkan hubung singkat pada rangkaian, kadang-kadang disebut juga dengan gangguan "*shoot-through*" pada tegangan sumber DC.

C. Half Bridge Inverter

Gbr. 3 merupakan rangkaian dasar *half bridge inverter* satu-fasa dengan beban

resistif dan bentuk gelombangnya. Dalam rangkaian Gbr. 3 diperlukan dua buah kapasitor untuk menghasilkan titik N agar tegangan pada setiap kapasitor $V_i/2$ dapat dijaga konstan. Sakelar S_+ dan S_- merepresentasikan sakelar elektronis yang mencerminkan komponen semikonduktor daya. Sakelar S_+ dan S_- tidak boleh bekerja secara bersama-sama, karena akan terjadi hubung singkat rangkaian.

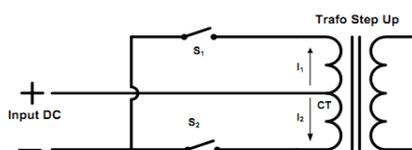


Gbr. 3 Half Bridge Inverter

Kondisi *ON* dan *OFF* dari sakelar S_+ dan S_- ditentukan dengan teknik modulasi, dalam hal ini menggunakan prinsip PWM. Prinsip PWM dalam rangkaian ini membandingkan antara sinyal modulasi V_c (dalam hal ini tegangan bolak-balik luaran yang diharapkan) dengan sinyal pembawa dengan bentuk gelombang gigi-gergaji (V_Δ). Secara praktis, jika $V_c > V_\Delta$ maka sakelar S_+ akan *ON* dan sakelar S_- akan *OFF*, dan jika $V_c < V_\Delta$ maka sakelar S_+ akan *OFF* dan sakelar S_- akan *ON*. (Djatmiko.2010)

D. Push Pull Inverter

Secara sederhana prinsip kerja *inverter push pull* dapat dijelaskan pada Gbr. 4.



Gbr. 4 Prinsip Kerja Inverter Push Pull

Dengan menutup S_1 maka arus yang mengalir ke trafo adalah I_1 , sedangkan

pada saat menutupnya S_2 (S_1 buka) maka yang mengalir adalah I_2 . Selanjutnya dengan mengulang-ulang proses diatas maka akan dihasilkan tegangan bolak-balik (AC) yang kemudian tegangannya dinaikkan dengan transformator.

E. Inverter Yang Akan Dipakai

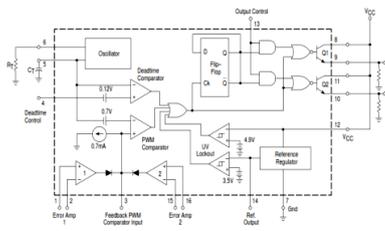
Pada penelitian ini inverter yang dipakai berjenis *inverter push pull* dengan menggunakan IC TL494. Rangkaian inverter ini berfungsi untuk mengubah tegangan 12 Volt DC dari aki menjadi tegangan 220 Volt AC dengan frekuensi 60 Hz. Inverter ini menggunakan IC TL494 sebagai penghasil gelombang kotaknya.

F. Rangkaian Untuk Penghasil Pulsa

Pensaklaran sederhana pada *Full Bridge inverter* menghasilkan tegangan keluaran kotak. Saklar-saklar akan menghubungkan beban terhadap $+V_{DC}$ ketika S_1 dan S_2 ditutup atau $-V_{DC}$ ketika S_3 dan S_4 ditutup. Periode pensaklaran tegangan beban antara $+V_{DC}$ dan $-V_{DC}$ menghasilkan tegangan kotak pada sisi beban. Meskipun tegangan keluaran tidak sinusoidal tetapi sudah memenuhi untuk beberapa aplikasi beban AC. Bentuk gelombang arus pada beban tergantung pada komponen beban. Untuk beban resistif bentuk gelombang arusnya sama dengan tegangan keluaran. Sedangkan untuk beban induktif, bentuk gelombang arusnya akan lebih sinusoidal dari pada tegangannya karena sifat induktansi sebagai filter (Hart W. Daniel., 1997).

1. IC TL494

IC TL494 adalah sebuah perangkat kontrol frekuensi untuk membangkitkan sebuah *pulse-width modulation* (PWM), perangkat ini menawarkan fleksibilitas untuk menyesuaikan *power-supply* sirkuit kontrol. Sinyal keluaran dari perangkat ini memiliki 2 *channel* gelombang, yang terdapat pada kaki pin 9 dan 10. Kedua *channel* tersebut memiliki kondisi yang saling berbeda dimana ketika *channel* 1 dalam kondisi *high* maka *channel* 2 dalam kondisi *low*.

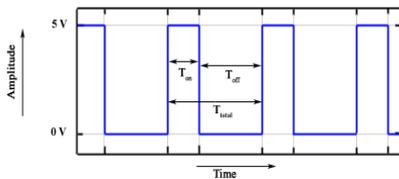


Gbr. 5 Blok Diagram IC LM494

G. Pulse Width Modulation (PWM)

Pulse width modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda.

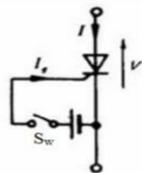
Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya.



Gbr. 6 Sinyal PWM

H. Rangkaian Pemicu

Rangkaian pemicu/ penyulut merupakan rangkaian yang digunakan untuk meng-ON-kan SCR, transistor, atau MOSFET. Sesuai dengan sifat semikonduktor, transistor dan MOSFET dapat digunakan sebagai sakelar elektronis untuk sumber masukan tegangan searah (DC) saja, sedangkan SCR dapat digunakan sebagai sakelar elektronis untuk sumber masukan tegangan bolak-balik (AC) maupun DC.



Gbr. 7 Rangkaian Pemicu Dasar

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Perancangan dan penelitian alat ini dilakukan dengan bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk tugas akhir ini ialah 1 unit komputer pribadi (PC), Multimeter digital, 1 unit solder untuk realisasi rangkaian, 1 unit Project Board, 1 unit Transformator step-up 3A, IC TL 494, osiloskop, Resistor, Kapasitor, Transistor, Elco dan aki

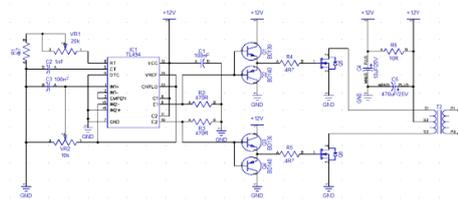
C. Tahap Pembuatan Inverter

Adapun tahap pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Perancangan model pengujian

Pada penelitian ini perancangan model pengujian terdapat 3 tahap. Pertama merancang gambar rangkaian pada software diptrace serta membuatnya pada gambar layout. Kedua menentukan komponen yang akan dibutuhkan untuk membuat alat ini, penentuan komponen sangat berpengaruh besar dalam pembuatan alat ini, dimana setiap nilai pada komponen tersebut dapat mempengaruhi berhasil atau tidaknya sebuah alat yang akan dibuat. Terakhir adalah mencetaknya dalam papan PCB yang telah tergambar gambar rangkaian untuk kemudian diuji untuk diambil datanya.

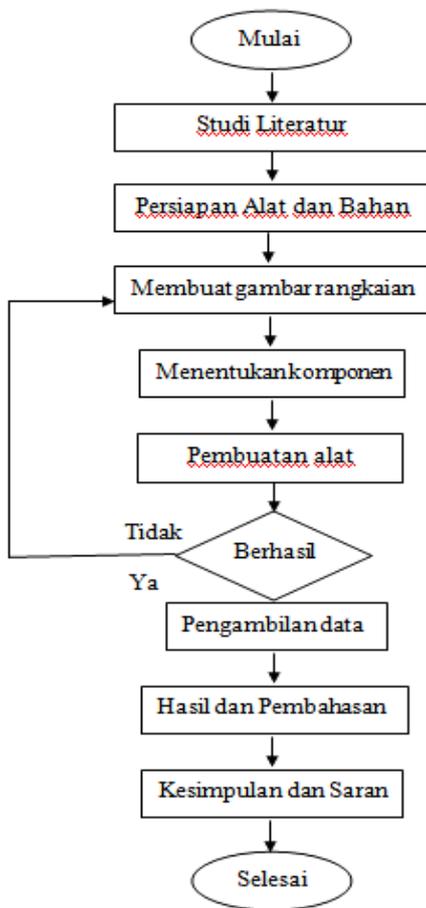
2. Rangkaian pengujian



Gbr. 8 Rangkaian pengujian Inverter

Gbr. 8 Menunjukkan rangkaian inverter yang akan dikerjakan pada penelitian ini, rangkaian inverter ini dilengkapi dengan IC TL494.

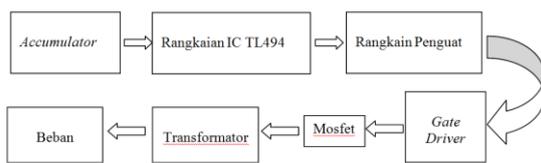
3. Diagram alir penelitian



Gbr. 9 Diagram Alir Penelitian

D. Blog Diagram

Secara umum pembuatan inverter 1 fasa dengan IC TL494 ini dapat dipresentasikan dengan blok diagram yang ditunjukkan pada Gbr. 10 berikut :



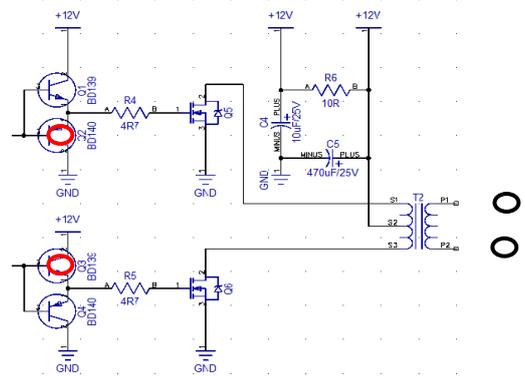
Gbr. 10 Blok Diagram Inverter 1 Fasa Dengan IC TL494

Terlihat pada Gbr. 10 diatas, sistem pembuatan inverter 1 fasa dengan kontrol IC TL494 disusun dari beberapa subsistem yaitu *accumulator*, rangkaian IC TL494, rangkaian penguat, *gate driver*, mosfet dan transformator. Masing-masing subsistem memiliki fungsi dan saling terhubung dengan subsistem lainnya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rangkaian Daya

Rangkaian daya pada pembuatan inverter ini terdiri dari transistor, resistor, kapasitor dan MOSFET. Transistor yang akan dipakai yaitu BD139 berjenis NPN dan BD140 berjenis PNP masing-masing 2 buah, resistor 470 ohm sebanyak 1 buah dan resistor 4K7 ohm sebanyak 2 buah serta dilengkapi dengan 2 buah MOSFET dengan jenis IRF3205. Rangkaian daya inverter yang akan dibuat diperlihatkan pada Gambar 11.



Gbr.11 Rangkaian Skematik Daya

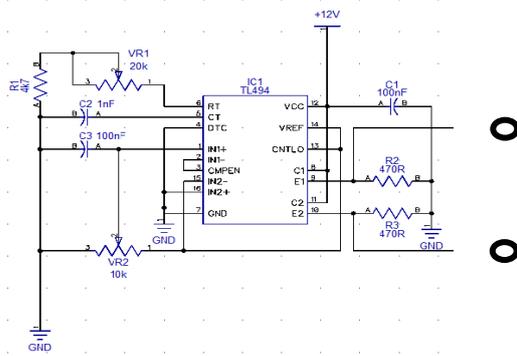
Tanda bulat merah pada rangkaian skematik daya adalah sumber masukan dari rangkaian penghasil pulsa dan tanda bulat hitam pada rangkaian skematik daya adalah keluaran dari inverter yang akan dibuat.



Gbr. 12 Hardware dari Rangkaian Skematik Daya

B. Rangkaian Penghasil Pulsa

Rangkaian penghasil pulsa berfungsi untuk menghasilkan pulsa pemicu gate MOSFET, pulsa dihasilkan oleh IC TL494.



Gbr. 13 Rangkaian Skematik Penghasil Pulsa

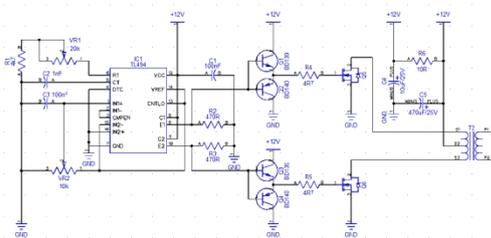
Tanda bulat hitam pada rangkaian skematik penghasil pulsa adalah sumber keluaran dan sumber masukan dari rangkaian daya.



Gbr. 14 Hardware Rangkaian Penghasil Pulsa

C. Rangkaian Inverter Keseluruhan

Rangkaian inverter ini dilengkapi dengan IC TL494 yang berfungsi untuk menghasilkan sebuah pulsa pemicu *gate* MOSFET. Pulsa pemicuan dari IC TL494 ini selanjutnya dilewatkan ke rangkaian *driver* dan output dari *driver* ini yang akan memicu *gate* MOSFET. MOSFET yang dipakai pada pembuatan inverter ini ialah IRF3205.



Gbr. 15 Rangkaian Skematik Inverter

Gbr. 16 merupakan *hardware* dari rangkaian inverter yang akan diujikan dalam penelitian ini, pada gambar terlihat ada 3 bagian dengan fungsi yang berbeda yaitu

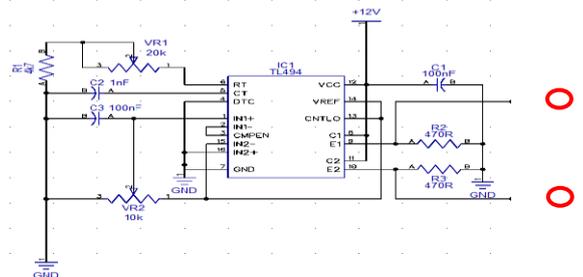
rangkaian penghasil pulsa, rangkaian daya dan transformator.



Gbr. 16 Rangkaian Inverter Keseluruhan

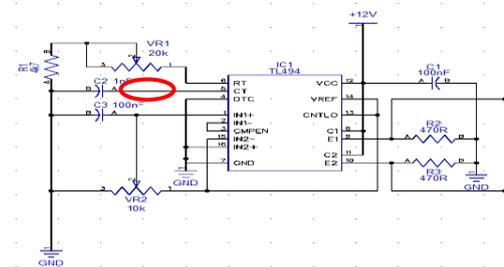
D. Pengujian Rangkaian Penghasil Pulsa

Pengujian rangkaian penghasil pulsa bertujuan untuk mengetahui bentuk pulsa keluaran dari IC TL494.



Gbr. 17 Skema Rangkaian Penghasil Pulsa Dengan Lingkaran Merah Sebagai Titik Uji

Pengujian pada rangkaian penghasil pulsa ini dilakukan sebanyak 10 kali dengan membandingkan pengaruh kapasitor mylar (CT) terhadap frekuensi



Gbr. 18 Skema Rangkaian Penghasil Pulsa Dengan Lingkaran Merah Sebagai Kapasitor Mylar Yang Diganti

Tabel 1. Pengujian Pengaruh Kapasitor Mylar (CT) Terhadap Frekuensi

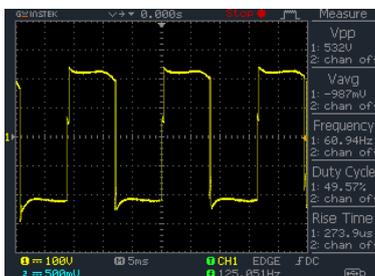
Input (V) Dc	Mylar(nf)	f(Hz) Tertinggi	f(Hz) Terendah
12	1	108,68 K	11,261K
12	10	12,00 K	1,155 K
12	22	5,202 K	498,713
12	27	4,299 K	411,43
12	33	3,428 K	327,70
12	39	3,306 K	308,98
12	47	2,743 K	258,761
12	100	1,217 K	116,23
12	150	789,52	75,29
12	220	526,578	52,35

Tabel 1 Menunjukkan pengaruh kapasitor mylar (CT) terhadap perubahan nilai pada frekuensi. Kapasitor mylar (CT) pada percobaan ini dapat mempengaruhi nilai dari hasil frekuensinya, semakin besar nilai kapasitor mylar (CT) yang diberikan pada rangkaian penghasil pulsa itu maka nilai frekuensi yang dihasilkan pada rangkaian penghasil pulsaini akan semakin kecil pula, terlihat pada hasil percobaan 1 sampai 10 dimana hasil dari nilai frekuensi pada saat pengujian tersebut berbeda-beda.

E. Pengujian Inverter

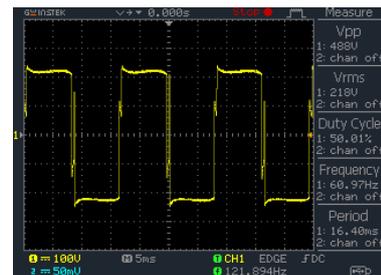
Pengujian rangkaian inverter ini menggunakan beban lampu pijar 5 sampai 55 Watt 220 AC. Sumber masukan dari inverter ialah DC 12 Volt yang berasal dari akumulator dan menghasilkan tegangan AC 220 Volt.

1. Pengujian Inverter Dengan Beban 5 Watt 220 Volt



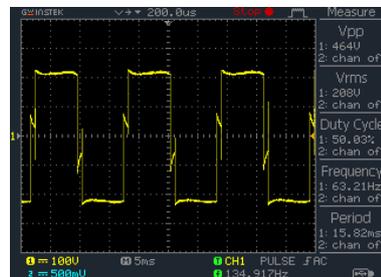
Gbr. 19 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 5 Watt 220 Volt

2. Pengujian Inverter Dengan Beban 10 Watt 220 Volt



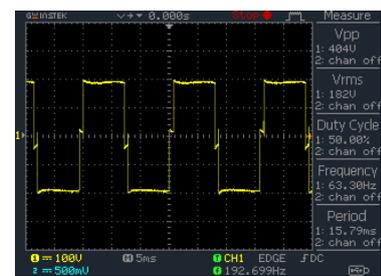
Gbr. 20 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 10 Watt 220 Volt

3. Pengujian Inverter Dengan Beban 15 Watt 220 Volt



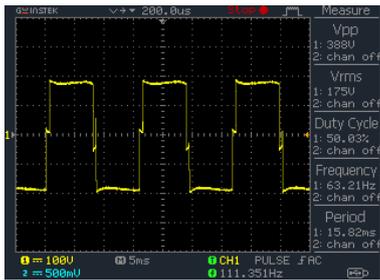
Gbr. 21 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 15 Watt 220 Volt

4. Pengujian Inverter Dengan Beban 20 Watt 220 Volt



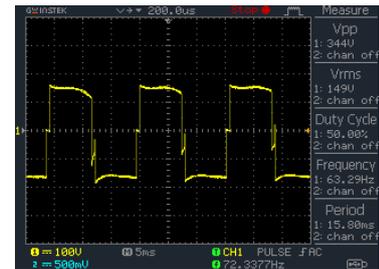
Gbr. 22 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 20 Watt 220 Volt

5. Pengujian Inverter Dengan Beban 25 Watt 220 Volt



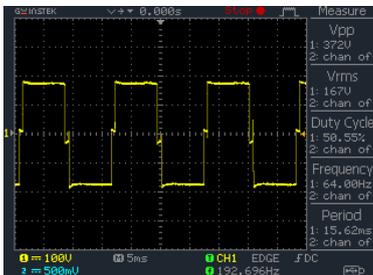
Gbr. 23 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 25 Watt 220 Volt

8. Pengujian Inverter Dengan Beban 40 Watt 220 Volt



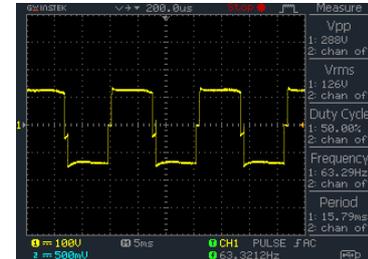
Gbr. 26 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 40 Watt 220 Volt

6. Pengujian Inverter Dengan Beban 30 Watt 220 Volt



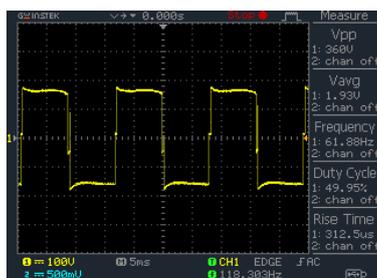
Gbr. 24 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 30 Watt 220 Volt

9. Pengujian Inverter Dengan Beban 45 Watt 220 Volt



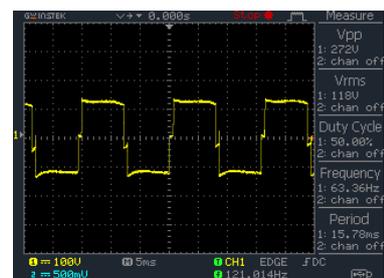
Gbr. 27 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 45 Watt 220 Volt

7. Pengujian Inverter Dengan Beban 35 Watt 220 Volt



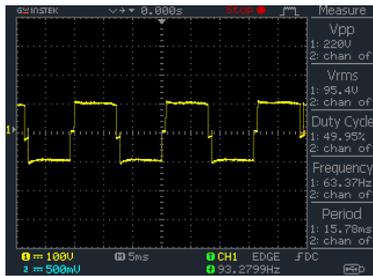
Gbr. 25 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 35 Watt 220 Volt

10. Pengujian Inverter Dengan Beban 50 Watt 220 Volt



Gbr. 28 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 50 Watt 220 Volt

11. Pengujian Inverter Dengan Beban 55 Watt 220 Volt

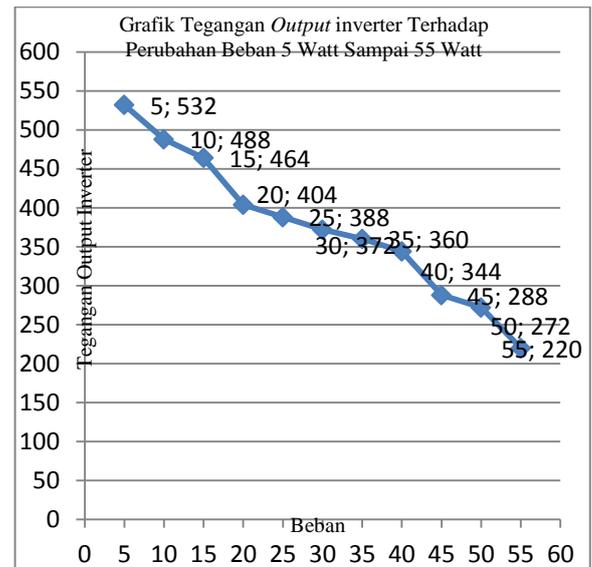


Gbr. 29 Gelombang Dengan Beban Lampu Pijar 55 Watt 220 Volt

Tabel 2. Hasil pengukuran dengan beban lampu pijar 5 sampai 55 Watt 220 Volt.

Lampu pijar (W)	Vpp (V)	f (Hz)	Kondisi lampu
5	532	60,94	Terang
10	488	60,97	Terang
15	464	63,21	Terang
20	404	63,30	Terang
25	388	63,31	Redup
30	372	64,00	Redup
35	360	61,00	Redup
40	344	63,29	Redup
45	288	63,29	Redup
50	272	63,36	Redup
55	220	63,37	Redup

Tabel 2 merupakan hasil dari masing-masing beban yang diberikan, beban yang diberikan berkisar dari 5 watt sampai 55 watt, dengan beban yang diberikan berupa lampu pijar.



Gbr. 30 Grafik Tegangan *Output* Inverter Terhadap Perubahan Beban 5 Watt Sampai 55 Watt

Grafik pada Gbr. 30 menunjukkan hasil dari pengukuran pada inverter dengan beban lampu pijar 5 sampai 55 Watt 220 Volt, grafik menunjukkan semakin besar beban yang digunakan maka nilai tegangan *output* inverter yang dihasilkan akan semakin menurun.

F. Pengujian Arus *Input* dan Arus *Output*

Berikut ini merupakan data yang didapatkan dari hasil pengujian dengan beban lampu pijar 5 – 55 Watt 220 Volt untuk mengetahui perubahan arus *input* dan arus *output* akibat perubahan beban.

Tabel 3. Hasil pengujian Arus *input* dan arus *output*

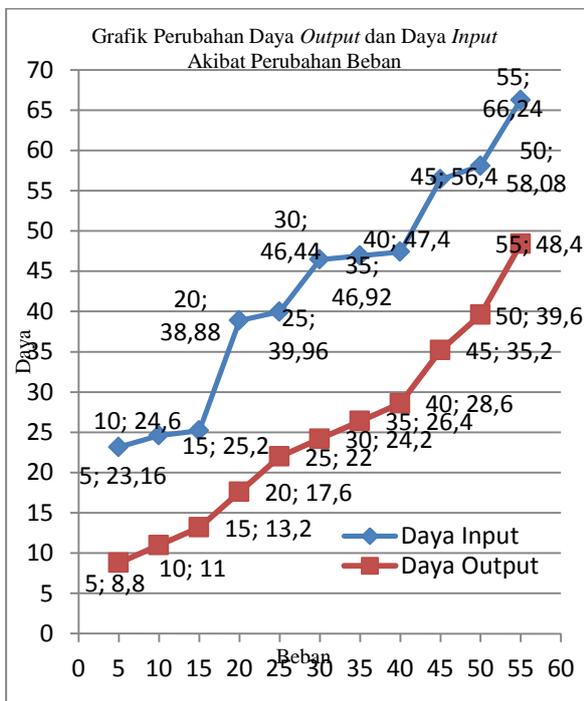
Beban (W)	Arus <i>output</i> (A)	Arus <i>input</i> (A)
5	0,04	1,93
10	0,05	2,05
15	0,06	2,10
20	0,08	3,24
25	0,10	3,33
30	0,11	3,87
35	0,12	3,91
40	0,13	3,95
45	0,16	4,70
50	0,18	4,84
55	0,22	5,52

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan hasil dari masing - masing beban yang diberikan, dengan beban yang diberikan berupa lampu pijar 5 watt sampai 55 watt 220 Volt.

Tabel 4. Hasil Pengujian Daya *Input* dan Daya *Output*

Beban	Daya <i>Input</i>	Daya <i>Output</i>
5	23,16	8,8
10	24,6	11
15	25,2	13,2
20	38,88	17,6
25	39,96	22
30	46,44	24,2
35	46,92	26,4
40	47,4	28,6
45	56,4	35,2
50	58,08	39,6
55	66,24	48,4

Tabel 4 merupakan hasil dari masing-masing beban yang diberikan, beban yang diberikan sebesar 5 sampai 55 Watt 220 Volt, dengan beban yang diberikan berupa lampu pijar.



Gbr. 31 Grafik Perubahan Daya *Output* dan Daya *Input* Akibat Perubahan

Grafik pada gambar 31 menunjukkan perubahan daya *output* dan daya *input* akibat perubahan beban, semakin besar beban yang

diberikan maka daya *inputnya* akan semakin besar pula, begitu pula untuk daya *output* semakin besar beban yang digunakan maka daya *outputnya* akan semakin besar pula.

V.PENUTUP

Pada rangkaian penghasil pulsa, dengan menggunakan kapasitor CT 220 nf dan resistor RT yang terdiri dari resistor 4K7 dihubung seri dengan potensiometer 100 K didapatkan frekuensi berkisar 55 Hz sampai 550 Hz, untuk menghasilkan output inverter 60 Hz digunakan kapasitor CT 220 nf dan resistor RT 5,35 K.

REFERENSI

- [1] Syaifulhaq. 2008. *Perancangan Inverter Half Bridge Zero Voltage Switching Pada Aplikasi Ballast Elektronik Untuk Lampu High Pressure Sodium*. Universitas Diponegoro. Semarang
- [2] Hart, Daniel W. *Introduction To Power Electronics: International Edition*. Prentice Hall International.London.1997.
- [3] Djatmiko. W Istanto. 2010. *Elektronika Daya*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- [4] TL494 data sheet IC TL494 Pulse-Width-Modulation Control. LM494. 1996. Circuits Texas instruments
- [5] Ariwibowo Cahyo. 2010. *Perancangan Inverter Dual Conversion Push Pull-Full Bridge Pada Aplikasi Fotovoltaik*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- [6] Rusdiyanto Agus. Susanto Bambang. 2008. *Perancangan Inverter Sinusoida 1 Fasa dengan Aplikasi Pemrograman Rumus Parabola dan Segitiga Sebagai Pembangkit Pulsa PWM*. Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI. Jawa Barat.
- [7] Haryanto Heri. 2011. *Pembuatan Modul Inverter sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi*. Universitas Sultan Agung Tirtoyoso. Cilegon
- [8] Nazaruddin Nazris. 2011. *Pembuatan Inverter Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler Dengan Gelombang Sinus Untuk Kontinuitas Pelayanan Listrik*. Politeknik Negeri Padang. Sumatera Barat
- Yanto Tomi. 2015. *Perancangan Inverter*

Push Pull 12 Volt DC – 220 Volt AC.
Universitas Maritim Raja Ali Haji.
Kepulauan Riau

[9] Utomo Nugroho. 2013. *Perancangan Inverter Jembatan Penuh Dengan Rangkaian Pasif LC Beban Paralel.* Universitas Diponegoro. Semarang