

ANALISIS PEMILIHAN GELOMBANG *SQUARE* SEBAGAI PEMBIAS *SWITCHING* TERHADAP KESTABILAN GELOMBANG *OUTPUT* *INVERTER*

I Made Sumerta Yasa

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimabaran, Po Box 1064 Tuban Badung Bali
Phone : (0361) 701981, Fax : (0361) 701128
Email : madesumertayasa@gmail.com

Abstrak :

Inverter merupakan alat yang dipergunakan mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. *Inverter* terbentuk dari rangkaian oscillator, buffer, driver, switching electronics dan transformtor. *Output inverter* yang dihasilkan adalah tegangan dan frekuensi yang stabil. Untuk memperoleh tegangan yang stabil dibutuhkan pembiasan switching yang stabil salah satunya dengan menggunakan gelombang *square*. Menggunakan gelombang *square* untuk pembiasan switching dapat memberikan unjuk kerja sistem yang bagus karena lebih kebal terhadap gangguan/derau. Untuk menyatakan inverter tersebut dalam kondisi stabil diperlukan pengujian pemberian beban sesuai dengan inverter yang direncanakan. Berdasarkan pengujian dan pengolahan data yang dilakukan dengan memberikan beban yang bervariasi dari 5 watt sampai 60 watt, maka diperoleh kesimpulan memang benar gelombang output osilator menentukan kestabilan gelombang output inverter dan kestabilan inverter rata-rata sebesar 88,1 %.

Kata kunci : *Square, Inverter, osilator, buffer, driver dan switching.*

Abstract :

Inverter is a device used to change DC voltage into AC voltage. *Inverter* is formed from a series of oscillators, buffers, drivers, switching electronics and transformer. The resulting output is the inverter voltage and frequency stable. To obtain a stable voltage switching stable refraction needed one with a square wave. Using a square wave switching to refraction can provide great system performance because it is more resistant to interference/noise. To state the inverter is in a stable condition required testing in accordance with the provision of load inverter planned. Based on testing and data processing is done by providing varying loads from 5 watt to 60 watt, then the conclusion is true oscillator output waveform to determine the stability of the output wave in inverter and stability on average by 88.1%.

Keywords : *Square, Inverter, oscilator, buffer, driver dan switching.*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi makin hari akan semakin meningkat, seiring pertumbuhan ekonomi dan peradaban manusia. Salah satu energi yang dibutuhkan oleh masyarakat di dunia adalah energi listrik. Produksi energi listrik pada saat ini pada umumnya menggunakan energi fosil seperti minyak bumi dan batubara, serta gas bumi. Namun, energi fosil tersebut merupakan salah satu energi yang tidak dapat diperbarui atau dengan kata lain suatu saat pasti akan habis persediaannya.

Proses penelitian energi yang terbarukan telah dimulai sejak lama. Terdapat beberapa energi terbarukan yang telah dikembangkan menjadi penghasil energi listrik, yaitu tenaga angin dan tenaga surya, yang memerlukan peralatan tambahan yaitu alat pengendali dalam proses pembangkitan energi listrik

dan alat penyimpan energi listrik dalam bentuk baterai sehingga cadangan energi listrik tetap tersedia.

Energi listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga angin dan tenaga surya berupa tegangan DC sebesar 12 Volt, yang kemudian disimpan di dalam akumulator (*accu*), yang berfungsi sebagai baterai penyimpan energi listrik. Untuk mengubah tegangan DC 12 Volt menjadi tegangan AC 220 Volt digunakan inverter. Dalam aplikasinya, alat ini dapat dipakai pada pembangkit listrik tenaga angin dan tenaga surya dalam skala kecil.

Output inverter sangat terpengaruh oleh *output* osilator dan tegangan suplai yang dipergunakan pada *inverter* tersebut. Semakin stabil *output* osilator dan tegangan yang dipergunakan maka *output inverter* yang dihasilkan semakin stabil juga. Bentuk gelombang *output* osilator dapat berbentuk sinus,

square, gigi gergaji dan lainnya. Sesuai dengan teorinya gelombang square yang dihasilkan oleh osilator cenderung lebih stabil dan tidak terpengaruh oleh noise, sehingga untuk membuktikan hal tersebut perlu dilakukan penelitian.

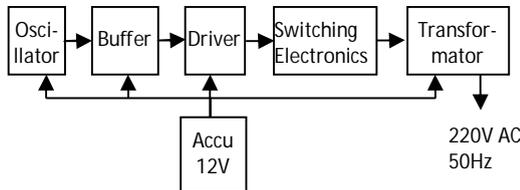
Tujuan dari penelitian adalah memperoleh tegangan dan frekuensi yang stabil pada *output inverter* dengan pemakaian *square wave oscillator* sebagai osilatornya.

Manfaat yang diharapkan pada penelitian adalah diperolehnya suatu alat berupa inverter satu fasa yang dapat digunakan sebagai sumber energi listrik utama atau cadangan yang bersumber dari akumulator 12 Volt DC dan dapat diaplikasikan pada pembangkit listrik yang bersifat mikro, atau dapat diaplikasikan di rumah tangga sebagai tenaga listrik cadangan dengan biaya yang ekonomis.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Studi Pustaka

Yang dimaksud dengan inverter adalah suatu rangkaian yang mampu mengubah tegangan DC menjadi AC.



Gambar 1 : Blok diagram *Inverter*

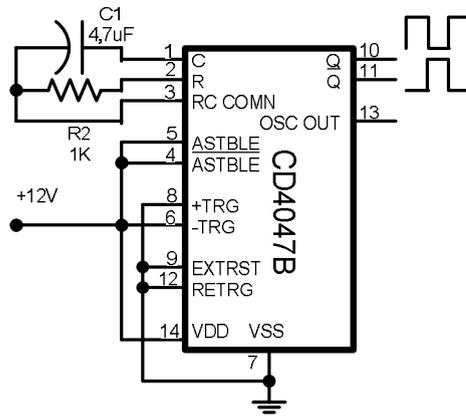
Inverter terbentuk dari blok *oscilator*, *buffer*, *driver*, *switching electronics*, dan transformator seperti pada gambar 1.

Ada dua jenis *inverter* yang umum digunakan pada sistem tenaga listrik yaitu:

- (1) *Inverter* dengan frekuensi dan tegangan keluar yang konstan CVCF (*Constant Voltage Constant Frequency*).
- (2) *Inverter* dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah. Umumnya *inverter* dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah digunakan pada pemakaian khusus seperti pemakaian pompa listrik 3 fasa dengan menggunakan sumber tegangan DC. Kerugian cara ini adalah bahwa sistem hanya dapat digunakan pada pemakaian khusus saja, sedangkan keuntungannya adalah mempunyai kemampuan untuk menggerakkan sistem (beban) dengan sumber yang berubah-ubah seperti misalnya *photovoltaic* atau *solar cell*.

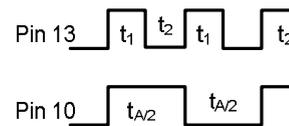
2.1.1. Square Wave Oscillator

Osilator merupakan rangkaian yang menghasilkan frekuensi *output* yang kontinu dan besarnya sesuai dengan rancangan. *Output oscilator* umumnya berbentuk sinyal sinus, *square*, pulsa dan gigi gergaji^[2]. Rangkaian *inverter* yang diteliti menggunakan *oscilator sinyal square* dengan komponen utama IC CD4047B, R dan C seperti pada gambar 2.



Gambar 2 : *Square Wave Oscillator*^[3]

Analisis variasi dari unit ke unit sebagai fungsi *transfer* tegangan (V_{TR} bergeser (33% - 67% terhadap V_{DD}) untuk operasinya bergerak bebas (astabil).



Gambar 3 : Sinyal *output* pin 10 dan 13 IC CD4047B

$$t_1 = -RC \ln \frac{V_{TR}}{V_{DD} + V_{TR}}$$

Tipikalnya $t_1 = 1,1 RC$

$$t_2 = -RC \ln \frac{V_{TR} - V_{TR}}{V_{DD} - V_{TR}}$$

Tipikalnya $t_2 = 1,1 RC$

$$t_A = 2(t_1 + t_2)$$

$$= -RC \ln \frac{(V_{TR})(V_{DD}) - V_{TR}}{(V_{DD} + V_{TR})(2V_{DD} - V_{TR})}$$

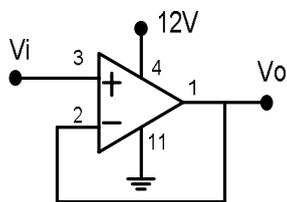
Tipikal : $V_{TR} = 0,5 V_{DD}$	$t_A = 4,40 RC$
Minimum : $V_{TR} = 0,33 V_{DD}$	$t_A = 4,62 RC$
Maksimum : $V_{TR} = 0,67 V_{DD}$	$t_A = 4,62 RC$

Jadi jika $t_A = 4,40 RC$ digunakan, variasi tersebut akan 5%, -0% karena variasi tegangan transfer.

2.1.2. Rangkaian Buffer

Pengikut tegangan juga disebut pengikut sumber, penguat gain satu, penguat penyangga (*buffer*) dan penguat isolasi^[1]. Tegangan *input* adalah V_i diterapkan langsung ke *input* (+) nya. Karena tegangan antara *input* (+) dan *input* (-) dari *operation amplifier* itu bisa dianggap = 0, maka :

$$V_o = V_i$$



Gambar 4 : Pengikut Tegangan

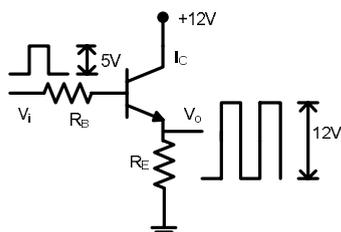
Maka dengan demikian tegangan *output* menyamai tegangan *input* baik besarnya maupun tandanya. Penguat tegangannya adalah 1, seperti diperlihatkan oleh

$$A_{CL} = V_o/V_i = 1$$

CMRR (*Common Mode Rejection Ratio*) untuk pengikut tegangan :

$$CMRR = A_{CL}/A_C = 1/A_C$$

2.1.2. Rangkaian Driver



Gambar 5 : Rangkaian Driver

Karena *output oscillator* IC CD4047B besarnya bervariasi dari 0V sampai 5V, sehingga perlu dikuatkan dengan rangkaian *driver* supaya amplitudo outputnya bisa bervariasi dari 0V sampai 12V.

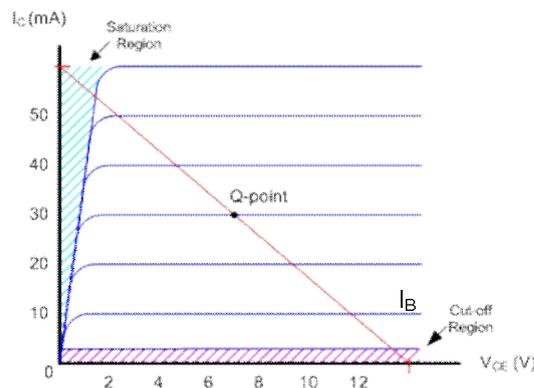
$$V_i = I_B \times R_B + V_{BE} + I_E \times R_E$$

Hal ini dapat dijelaskan yaitu :

- Apabila $V_i = 0V$, Transistor *off*, maka $I_C = 0$ Amp, dan $V_{CE} = 0V$
- Apabila $V_i = 5V$, Transistor *on*, maka $I_C > 0$ Amp, dan $V_{CE} = 12V$

2.1.4. Rangkaian Switching Elektronik

Ketika transistor digunakan sebagai rangkaian *switching* elektronik, maka diterapkan pembiasan tegangan pada kaki base transistor sehingga beroperasi dalam "wilayah aktif" dan bagian linier dari kurva karakteristik output. Namun demikian, baik jenis NPN & PNP dari bipolar transistor dapat dibuat untuk beroperasi sebagai "on/off" jenis *switch solid state* baik untuk mengontrol perangkat listrik daya besar seperti motor, selenoid atau lampu. Jika rangkaian menggunakan transistor sebagai *switch*, maka bias pada kurva karakteristik output-nya diatur beroperasi di daerah yang dikenal sebagai "saturation" dan "cut-off" seperti gambar 6.



Gambar 6 : Kurva Karakteristik Output^[4]

Daerah yang diarsir merah muda di bagian bawah merupakan daerah "cut-off". Kondisi operasi transistor pada daerah ini adalah arus base (I_b) masukannya adalah nol, arus kolektor (I_c) keluarannya adalah nol dan tegangan kolektor (V_{CE}) adalah maksimum yang menghasilkan lapisan deplesi besar dan tidak ada arus mengalir melalui perangkat. Transistor diaktifkan "fully-off". Daerah biru ke kiri merupakan daerah "saturasi". Pada bagian ini arus basis transistor dibias maksimum, sehingga arus kolektor maksimum dan tegangan kolektor dengan emitor minimum yang menyebabkan penipisan lapisan yang sekecil mungkin dan arus maksimum melalui transistor. Transistor diaktifkan "fully-on". Lalu dapat diringkas sebagai berikut:

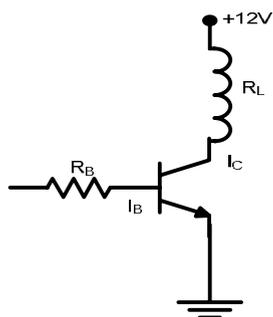
1. Daerah *cut-off*.
Kedua pertemuan adalah *reverse-bias*, arus base saat ini adalah nol atau sangat kecil sehingga arus kolektor saat ini mengalir sama dengan nol. Perangkat (transistor) diaktifkan sepenuhnya dalam kondisi "off".
2. Daerah *saturation*.
Kedua pertemuan adalah *forward-bias*, arus base saat ini cukup tinggi dan tegangan kolektor-emitor diberikan mendekati 0V sehingga arus kolektor mengalir maksimum, transistor diaktifkan sepenuhnya *on*.

Transistor NPN sebagai switch yang digunakan untuk mengoperasikan lilitan primer transformator seperti di bawah ini. Dengan beban induktif seperti transformator, relay atau selenoid perlu dipasang dioda *flywheel* di seluruh beban yang berfungsi untuk menghilangkan *EMF* balik yang dihasilkan oleh beban induktif ketika transistor switch "off" dan melindungi transistor dari kerusakan. Jika beban bersifat arus atau tegangan yang sangat tinggi, seperti motor, pemanas dll, maka arus beban dapat dikontrol melalui relay yang cocok.

Perbedaan kali ini adalah bahwa untuk mengoperasikan transistor sebagai saklar transistor perlu berubah baik secara penuh *off*(cut-off) atau penuh *on* (saturation). *Switch* transistor idealnya akan memiliki tahanan yang tak terbatas ketika dinyalakan *off* yang mengakibatkan arus nol dan perlawanannya nol ketika dinyalakan *on*, yang mengakibatkan arus maksimum saat ini.

Dalam praktiknya ketika dinyalakan *off* aliran arus bocor masih ada atau nilainya kecil melalui transistor dan ketika *on* penuh perangkat memiliki nilai resistansi yang rendah menyebabkan tegangan saturasi kecil (V_{CE}) di atasnya. Dalam kedua daerah *cut-off* dan saturasi besarnya didisipasi transistor adalah minimum.

Untuk mengalirkan arus base saat ini, terminal masukan base harus dibuat lebih positif daripada emitter dengan meningkatkan di atas 0,7 volt yang dibutuhkan untuk perangkat silikon. Dengan memvariasikan tegangan base-emitter (V_{BE}), arus base akan berubah dan yang pada gilirannya mengendalikan besar arus kolektor yang mengalir melalui transistor. Ketika arus kolektor maksimum yang mengalir pada transistor dikatakan saturasi. Nilai dari tahanan base menentukan seberapa besar tegangan *input* yang diperlukan dan sesuai pada kaki base transistor saat ini untuk beralih sepenuhnya *on*.



Gambar 7 : Rangkaian *Switching*

Arus kolektor maksimum :

$$I_C = V_{CC}/R_L$$

$$R_B = (V_{in} - V_{BE}) / I_B$$

$$I_B = I_C/\beta$$

2.1.4. Transformator

Transformator atau trafo adalah komponen pasif yang dibuat dari kumparan-kumparan kawat laminasi, trafo memiliki kumparan primer dan kumparan sekunder. Perbandingan jumlah lilitan serta diameter kawat pada kumparan primer dan sekunder akan mempengaruhi perbandingan besarnya arus dan tegangan.

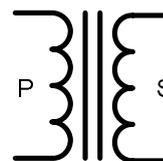
Prinsip kerja trafo menggunakan asas induksi resonansi antara kumparan primer dan sekunder. Apabila pada kumparan primer di aliri arus AC maka akan timbul medan magnet yang berubah-ubah fluktuansinya, akibatnya kumparan sekunder yang berada pada daerah medan magnet akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) atau tegangan induksi. Hal ini apabila tegangan primer di putus maka akan hilang tegangan sekundernya. Apabila tegangan sekunder lebih besar dari tegangan primernya, maka transformator tersebut berfungsi sebagai penaik tegangan (*step up*), akan tetapi apabila tegangan sekunder lebih kecil dari tegangan primernya maka transformator berfungsi sebagai penurun tegangan (*stepdown*).

Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain, dan untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan atau mengalirkan arus bolak-balik antara rangkaian. Berdasarkan frekuensi, transformator dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- (1) frekuensi daya, 50 - 60 Hz;
- (2) frekuensi pendengaran, 50 Hz - 20 KHz;
- (3) frekuensi radio, di atas 30 KHz.

Berdasarkan cara melilitkan kumparan pada inti, dikenal dua macam transformator, yaitu tipe inti dan tipe cangkang.



Gambar 6 : Simbol Transformator



Gambar 7 : Bentuk Transformator

Transformator sebagai konversi *step up* dan *step down*:

$$V_s = \frac{V_p \cdot N_s}{N_p}$$

- Bila $V_s < V_p$ maka trafo berfungsi sebagai *step down*.
- Bila $V_s > V_p$ trafo sebagai *step up*

$$I_p : I_s = V_s : V_p \rightarrow I_s = \frac{V_p \cdot I_p}{V_s}$$

Kerugian-kerugian tembaga = $I_p^2 \cdot Z_p + I_s^2 \cdot Z_s$
 Impedansi Input $Z_i = (R_B / n^2)$

2.2. Alat dan Obyek Yang Diteliti

Inverter yang telah dibuat yang akan diamati adalah pada bagian *output* frekuensi osilator, tegangan dan arus *input*, arus dan tegangan *output* inverter.

2.3. Cara Kerja Penelitian

Inverter dibuat dan dirancang dengan menggunakan komponen : IC osilator, IC *operation amplifier*, transistor, transformator, komponen pasif seperti tahanan dan kodensator.

Setelah dirakit dilakukan pengukuran pada masing-masing blok sampai pada pengujian *performance* inverter.

2.4. Parameter Yang Diamati

Parameter/variabel yang diamati pada penelitian ini adalah seperti tabel 1.

Tabel 1 : Variabel yang diukur dan alat yang dipergunakan.

No.	Variabel	Satuan	Peralatan
1	Frekuensi	Hz	Frekuensi Meter
2	Tegangan	V	Volt Meter
3	Arus	A	Ampere Meter

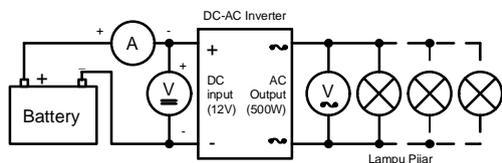
2.5. Rancangan Yang Digunakan

a. Pengujian masing-masing blok inverter

Pengujian pertama-tama dilakukan pada blok *oscillator*, *buffer*, *driver*, *switching electronics*, primer transformator dan terakhir pada sekunder transformator.

b. Pengukuran performance inverter

Pada pengujian *performance* ini yang diamati dan dicatat adalah besarnya arus dan tegangan *input* dan *output* inverter yang dihubungkan dengan beban dan tanpa beban.



Gambar 8 : Blok Pengukuran *Performance* Inverter

2.6. Teknik Analisis

Data yang diperoleh dari penelitian ini akan diolah dan dianalisis dengan cara :

- a. Mempetakan besaran tegangan dan arus *input*, arus dan tegangan *output* berdasarkan perubahan besaran beban.
- b. Menghitung efisiensi berdasarkan perbandingan daya *output* dengan daya *input*.
- c. Menganalisis bentuk sinyal/gelombang *output* dengan kondisi beban bervariasi dan tanpa beban.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Hasil pengukuran pada blok osilator dan sekunder transformator (*output inverter*) yang berupa frekuensi, arus, tegangan dan bentuk gelombang, seperti pada tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Pengukuran pada Osilator

No	Output		Satuan	Ket
	Pin 10	Pin 11		
1	49,50	49,50	Hz	Tanpa beban
2	6,4	6,4	V	Tanpa beban
3	49,50	49,50	Hz	Beban 5W
4	6,4	6,4	V	Beban 5W
5	49,50	49,50	Hz	Beban 10W
6	6,4	6,4	V	Beban 10W
7	49,50	49,50	Hz	Beban 15W
8	6,4	6,4	V	Beban 15W
9	49,50	49,50	Hz	Beban 20W
10	6,4	6,4	V	Beban 20W

11	49,50	49,50	Hz	Beban 25W
12	6,4	6,4	V	Beban 25W
13	49,50	49,50	Hz	Beban 30W
14	6,4	6,4	V	Beban 30W
15	49,50	49,50	Hz	Beban 35W
16	6,4	6,4	V	Beban 35W
17	49,50	49,50	Hz	Beban 40W
18	6,4	6,4	V	Beban 40W
19	49,50	49,50	Hz	Beban 50W
20	6,4	6,4	V	Beban 50W
21	49,50	49,50	Hz	Beban 60W
22	6,4	6,4	V	Beban 60W



Gambar 9 : Gelombang pd pin 10& 11 tanpa beban.



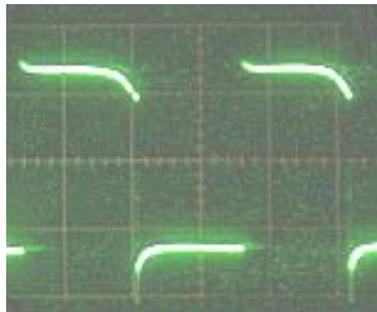
Gambar 10 : Bentuk Gelombang pd pin 10& 11 dengan beban 60W.

Tabel 3 : *Output* Inverter

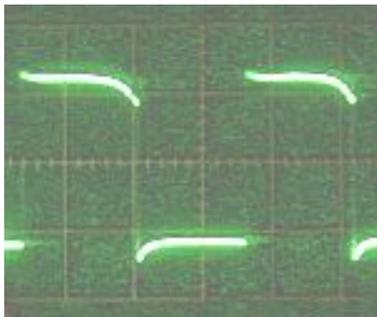
No	Output	Satuan	Ket
1	49,5	Hz	Tanpa beban
2	200	V	Tanpa beban
3	49,5	Hz	Beban 5W
4	200	V	Beban 5W
5	49,5	Hz	Beban 10W
6	200	V	Beban 10W
7	49,5	Hz	Beban 15W
8	200	V	Beban 15W
9	49,5	Hz	Beban 20W
10	200	V	Beban 20W
11	49,5	Hz	Beban 25W
12	200	V	Beban 25W
13	49,5	Hz	Beban 30W
14	199,5	V	Beban 30W
15	49,5	Hz	Beban 35W
16	199,5	V	Beban 35W
17	49,5	Hz	Beban 40W
18	199,2	V	Beban 40W
19	49,5	Hz	Beban 50W
20	199,0	V	Beban 50W
21	49,5	Hz	Beban 60W
22	199,0	V	Beban 60W

Tabel 4 : Besarnya *Input* dan *Output Inverter*

No	Input		Output		Beban
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)	
	12	0,2	200	-	Tanpa
	11,9	0,86	200	0,05	5W
	11,9	1,55	200	0,09	10W
	11,8	2,30	200	0,13	15W
	11,8	2,95	200	0,17	20W
	11,8	3,39	200	0,19	25W
	11,75	4,26	199,5	0,25	30W
	11,75	5,95	199,5	0,34	35W
	11,75	6,38	199,2	0,35	40W
	11,70	6,90	199,0	0,40	50W
	11,70	6,99	199,0	0,40	60W



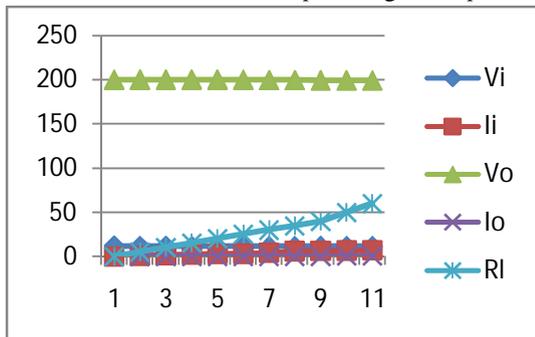
Gambar 11 : Gelombang output Tanpa Beban



Gambar 12 : Gelombang Output dengan Beban 60W

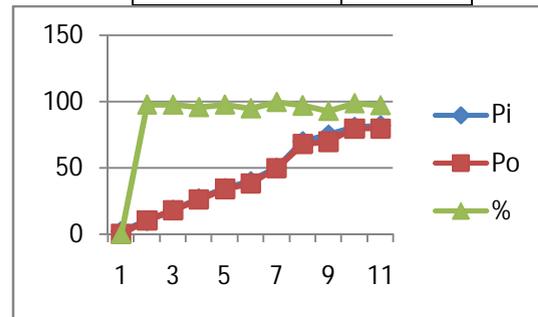
3.2. Pembahasan

Gambar 12 Karakteristik *Input* dengan *Output*



Tabel 5 : Hitungan Daya Input, Daya Output dan Persentase Kestabilan Inverter

Pi	Po	%
2.4	0	0
10.2	10.0	97.7
18.4	18.0	97.6
27.1	26.0	95.8
34.8	34.0	97.7
40.0	38.0	95.0
50.1	49.9	99.6
69.9	67.8	97.0
75.0	69.7	93.0
80.7	79.6	98.6
81.8	79.6	97.3
Rata-rata		88,1



Gambar 13 Efisiensi *Inverter*

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa gelombang *output* osilator memang benar sangat menentukan kestabilan gelombang *output* inverter dan kestabilan rata-rata *inverter* sebesar 88,1 %.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B.L. Theraja, A.K. Theraja. *Electronics Devices & Circuits*. Nirja Contruction & Development Co. Ltd. New Delhi. 1994. Hal 1683.
- [2] Daryanto. *Teknik Dasar Elektronika Komunikasi*. Penerbit Sarana Tutorial Nurani Sejahtera. Bandung. 2012.
- [3] Data sheet *IC CD4047B* Harris Semicon-ductor SCHS044C – Revised September 2003.
- [4] Robert B, Louis N. *Electronic Devices And Circuit Theory*. Prentice Hall. New Delhi. 1994. Hal -112.
- [5] Robert F.C, Frederick F.D. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. Penerbit Erlangga. Jakarta. 1992. Hal – 42.