

## PEMGEMBANGAN PEMODELANKONTROL ARUS RAMP COMPARISON CURRENT CONTROL UNTUK INVERTER SATU FASA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYASEBAGAI MEDIA PRAKTIKUM MAHASISWA

Hazlif Nazif

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Ekasakti Padang

Email: [hazlif\\_n@yahoo.co.id](mailto: hazlif_n@yahoo.co.id)

***Abstract:** In this study, it aims to create and simulate ramp comparison current control flow modeling for single phase inverters, which will be applied for simulation of electrical engineering student practicum so that the scientific thinking ability and knowledge of electrical engineering students can be improved in power electronics learning. This research was carried out through the research steps, namely designing and making models and simulations using MATLAB / SIMULINK software, then testing and analyzing the simulations of ramp current control comparison current control with the help of MATLAB / SIMULINK software. at 1250 Hz at 18V amplitude, the current THD is 8.39%, while for 3700 Hz at 18V amplitude, THD obtained is 5.65%. These values indicate that the greater the frequency of the triangle wave applied, the quality of the current produced the better (lower distortion) while, the effect of the amplitude of the triangle wave shows the higher the amplitude of the triangle wave the worse the quality of the output current is obtained, for wave amplitude of 21 volts at 3700 Hz, the THD of the current is 5.67%, while for am 21 Volt plitude, THD current generated is 8.55%, Modeling can be used for laboratory and practical media learning media electrical engineering students especially in power electronics courses.*

***Keywords:** One phase inverter, PLTS, MATLAB, THD, Current Control Ramp Comparison Current Control*

**Abstrak :** Dalam penelitian ini, bertujuan untuk membuat dan mensimulasikan pemodelan kontrol arus ramp comparison current control untuk inverter satu fasa, akan diaplikasikan untuk simulasi praktikum mahasiswa teknik elektro sehingga kemampuan berpikir ilmiah dan pengetahuan mahasiswa teknik elektro dapat ditingkatkan dalam pembelajaran mata kuliah elektronika daya. Penelitian ini dilakukan melalui langkah-langkah penelitian yaitu perancangan dan pembuatan model dan simulasi dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB/SIMULINK, kemudian pengujian dan analisa terhadap simulasi kontrol arus ramp comparison current control dengan bantuan perangkat lunak MATLAB/SIMULINK. Dari hasil dari simulasi menunjukkan untuk frekuensi gelombang segitiga sebesar 1250 Hz pada amplitudo 18V, diperoleh THD arus sebesar 8.39%, sementara untuk frekuensi 3700 Hz pada amplitudo 18V, THD yang diperoleh adalah sebesar 5.65%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa semakin besar frekuensi gelombang segitiga yang diterapkan, maka kualitas arus yang dihasilkan semakin baik (rendah distorsi). Sedangkan, pengaruh amplitudo gelombang segitiga menunjukkan semakin tinggi amplitudo gelombang segitiga semakin buruk kualitas daya arus output yang diperoleh, untuk amplitudo gelombang sebesar 21 Volt pada frekwensi gelombang 3700 Hz, THD arus yang dihasilkan adalah sebesar 5.67%, sementara untuk amplitudo sebesar 21 Volt, THD arus yang dihasilkan adalah sebesar 8.55%, Pemodelan ini bisa digunakan untuk laboratorium dan media pembelajaran praktikum mahasiswa teknik elektro khususnya pada mata kuliah elektronika daya.

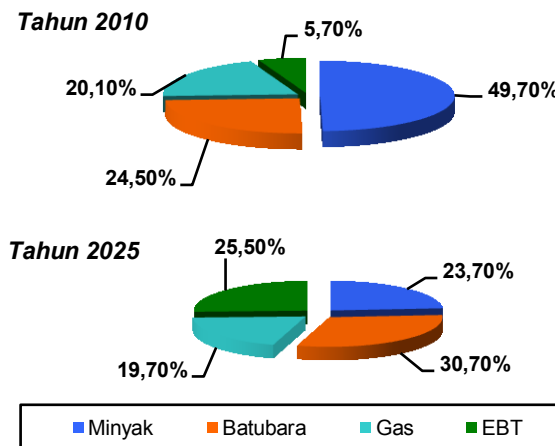
**Kata kunci:** Inverter satu fasa, PLTS, MATLAB, THD, Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control

### A. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber energi terbarukan yang dipergunakan semakin meningkat dengan mengurangi ketergantungan pada penggunaan energi fosil makin menipis dalam mendukung program pengembangan energi terbarukan (EBT) (Aryuanto Soetedjo, 2012). Di Indonesia penggunaan energi fosil, seperti BBM dan batubara masih berada pada rating teratas sebagai sumber energi primer pada pembangkit listrik. Dewan Energi Nasional (DEN) telah menskenariokan, pada tahun 2025

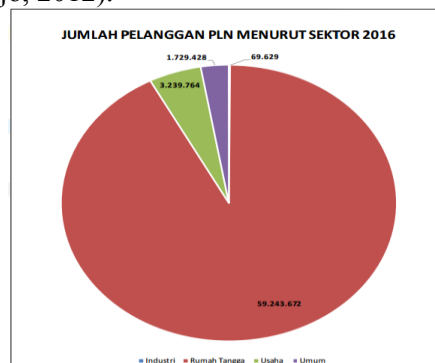
pemanfaatan EBT di Indonesia menjadi berimbang dengan penggunaan energi fosil. Penggunaan energi EBT dari 5.7% diharapkan meningkat hingga 25.9% pada tahun 2025 seperti diperlihatkan oleh gambar 1(Tumiran, 2012).

Berdasarkan statistik Ketenagalistrikan 2016(Statistik Ketenagalistrikan, 2016), pelanggan terbesar dari energi listrik yang dikelola PT.PLN adalah 59.243.672 dalam sektor rumah tanggadari seluruh energi listrik yang disediakan oleh PLN dengan jumlah pelanggan 64.282.493 dari keseluruhan jumlah pelanggan PLN (gambar 2). Hal ini berarti PLN masih menggunakan energi fosil untuk sektor rumah tangga dan ketersediaan bahan bakar untuk pengoperasian sumber listrik dari fosil sudah tipis.



Gambar 1. Bauran Sumber Energi Kelistrikan Indonesia (Alief Rakhman ,2013)

Untuk mengatasi permasalahan diatas maka diperlukan pembangkit tenaga listrik alternatif lain berupa sumber energi terbarukan seperti *photovoltaic* (PV). Sumber PV merupakan sumber energi terbarukan yang cukup populer yang bersih dan tersedia secara bebas dapat dijadikan sebagai alternatif yang fleksibel (Aryuanto Soetedjo, 2012).



Gambar 2. Jumlah Energi Terjual Per Jenis Pelanggan (Statistik Ketenagalistrikan, 2016)

Sistem PLTS terdiri dari beberapa jenis, diantaranya *Stand alone photovoltaic* dan *Grid connected photovoltaic System*. *Stand alone photovoltaic* (PLTS secara off grid) adalah sistem pembangkit listrik PV terpusat (PLTS terpusat) merupakan sistem pembangkit mandiri. Sistem ini hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian modul PV untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan, sedangkan *Grid connected photovoltaic System* (Pembangkit listrik tenaga PV tersambung ke grid ) merupakan PLTS yang tersambung secara langsung ke grid. Adapun keuntungan sistem PLTS off grid (Alief Rakhman ,2013) adalah sebagai berikut.

- Mereduksi penggunaan bahan bakar fosil sehingga mengurangi polusi/emisi bahan bakar.

- Bersih, tidak berisik, menggunakan energi gratis dari matahari sepanjang tahun.
- Tidak memerlukan biaya operasional sepeserpun.
- Pengoperasian dan perawatan sistem yang sangat mudah.

Sistem PLTS terdiri dari komponen modul Panel Surya dan konverter listrik dan sistem kontrol operasi maupun kontrol optimasi ekstraksi daya (MPPT). Strategi kontrol arus pada inverter dapat berupa kontrol hysteresis, prediktif kontrol dan kontrol arus *ramp comparison current control* dan jenis kontrol arus lainnya. Kontrol hysteresis adalah kontrol yang membandingkan arus output dengan arus referensi setelah diberi batas toleransi yang telah ditentukan, kontrol prediktif adalah menghitung tegangan inverter yang dibutuhkan untuk memaksa arus mengikuti arus referensi pada sampel waktu tertentu, sedangkan kontrol *ramp comparison current control* adalah kontrol yang membandingkan arus error ke dalam gelombang segitiga untuk menghasilkan sinyal penyulutan yang digunakan untuk mengendalikan saklar statis pada inverter dari sistem PLTS (Mochammad Salman, 2011) (Muh. Imran Hamid, 2008).

Pada penelitian ini, bertujuan membuat model dan simulasi kontrol arus *ramp comparison current control* untuk inverter satu fasa PLTS dengan menggunakan software MATLAB untuk aplikasi simulasi Praktikum Teknik elektro. Metode ini mempunyai respon dinamik yang cepat dan frekuensi switching yang konstan dalam mengendalikan arus output dari inverter (B. Chitti Babu, 2010). Kontrol arus ini mampu merespon perubahan pada sumber energi maupun grid dengan cepat dan harmonisa yang dihasilkan adalah dari jenis predictable harmonisa sehingga mudah diproteksi (Muh. Imran Hamid, 2008).

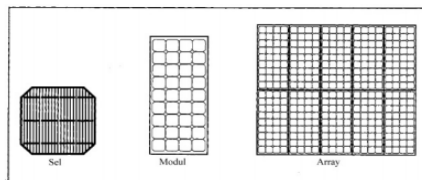
Untuk menyajikan kontrol arus ramp yang akan diterapkan pada inverter satu fasa, diperlukan model yang mewakili sistem kontrol arus ramp, juga diperlukan simulasi yang dapat menggambarkan mekanisme kerja kontrol arus ramp pada inverter satu fasa PLTS.

## B. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Photovoltaic (PV)

Sel surya atau *photovoltaic* (PV) dapat berupa alat semikonduktor penghantar aliran listrik yang dapat mengubah energi surya secara langsung menjadi bentuk tenaga listrik secara efisien. Sel surya disusun membentuk sebuah sel PV dengan kapasitas dan tegangan tertentu. Untuk mendapatkan daya yang besar, maka sejumlah sel dihubungkan secara seri dan paralel sebagai suatu panel atau modul PV. Selanjutnya, gabungan beberapa modul yang terhubung secara seri, paralel atau kombinasi keduanya disebut *array* (Gambar 3).

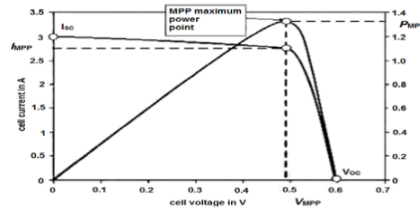
Karakteristik I-V dari sel PV dapat dilihat dari kurva I-V pada gambar 4. Pada kurva tersebut terdiri atas arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ), tegangan rangkaian terbuka ( $V_{oc}$ ) dan operasi titik daya maksimum atau yang biasa dikenal dengan *maximum power point* atau disingkat menjadi MPP.



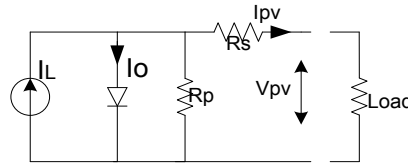
Gambar 3. Beberapa sel PV membentuk modul dan beberapa modul membentuk array

Sesuai model rangkaian ekuivalen sel surya sebagaimana Gambar 5, hubungan arus keluaran suatu sel PV ditulis dengan:

$$I_{pv} = I_L - I_0 \left[ e^{q \left( \frac{V + I R_S}{n k T} \right)} - 1 \right] - \left( \frac{V + I R_S}{R_P} \right) \quad (1)$$



Gambar 4. Kurva karakteristik I-V dan P-V pada sel PV.



Gambar 5. Rangkaian ekivalen sel PV

Dimana:

- $I_L$  = Arus sel PV (A)
- $V$  = Tegangan sel PV (V)
- $I_{pv}$  = Arus yang dihasilkan oleh sel PV (A)
- $I_0$  = Arus saturasi reverse (A)
- $I_{sc}$  = Arus hubung singkat (A)
- $n$  = Faktor ideal dioda (bernilai 1 untuk dioda ideal)
- $q$  = Pengisian elektron ( $1,602 \times 10^{-19} C$ )
- $k$  = Konstanta boltzman ( $1,3806 \times 10^{-23} J.K^{-1}$ )
- $T$  = Temperatur sel PV (K)
- $T_1$  = Temperatur referensi sel PV ( $298^\circ K$ )
- $R_s$  = Hambatan seri ( $\Omega$ )
- $R_p$  = Hambatan paralel ( $\Omega$ )
- $K_0$  = Koefisien temperatur arus ( $\%/^\circ K$ )

**B. Maximum Power Point Tracking**

Karakteristik daya keluaran sel PV bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh perubahan radiasi sinar matahari dan temperatur permukaan sel PV, akibatnya, letak titik MPP modul akan selalu berubah. Untuk itu diperlukan sebuah algoritma MPPT. *Maximum Power Point Tracker* adalah sebuah fungsi/algoritma yang ditujukan untuk mencari *maximum power point* (MPP) sesuai dengan MPP dari kurva karakteristik P-V pada panel PV (Dwiky Alif Satria, 2012). MPPT menemukan MPP sehingga dapat memaksimalkan daya yang diekstrak dari sumber energi PV. Beberapa algoritma MPPT adalah *Perturb and Observe*, *Incremental Conductance*, *Dynamic Approach*, *Temperature Methods* dan algoritma lainnya.

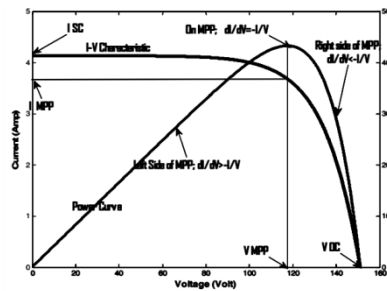
Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah *Incremental Conductance* (INC). Pencarian MPP dilakukan dengan cara menggunakan persamaan  $\Delta I / \Delta V$  modul.

$$\frac{dP}{dV} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(I.V)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} = 0 \quad (3)$$

$$I + V \frac{dI}{dV} \cong I + V \frac{dI}{dV} = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V} \quad (5)$$



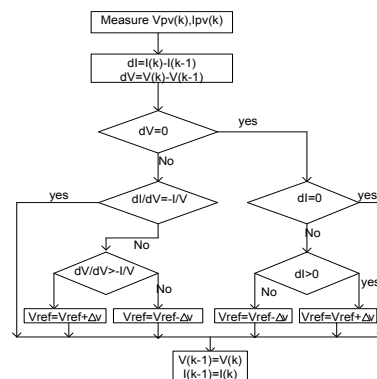
Gambar 6. Posisi  $\Delta I/\Delta V$  yang berbeda pada kurva daya panel PV (Muh.Imran Hamid, 2008).

Pada titik daya maksimum (MPP), nilai  $\Delta I/\Delta V$  dari *incremental conductance* adalah  $-I/V$ , sementara pada lokasi lainnya nilainya bervariasi, yaitu (Muh.Imran Hamid, 2010).

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} = -\frac{I}{V} \text{ daya maksimal terdapat pada sisi tengah MPP}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta V} > -\frac{I}{V} \text{ daya maksimal terdapat pada sisi kiri MPP}$$

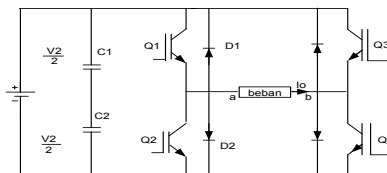
$$\frac{\Delta I}{\Delta V} < -\frac{I}{V} \text{ daya maksimal terdapat pada sisi kanan MPP}$$



Gambar 7. Flowchart dari metode INC (Muh.Imran Hamid, 2010).

**C. Inverter**

Inverter adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengubah tegangan masukan arus searah (DC) menjadi tegangan keluaran arus bolak balik (AC). Tegangan dan frekuensinya dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Pengaturan tegangan inverter yang umum digunakan adalah dengan metode Modulasi Lebar Pulsa (*Pulse Width Modulation, PWM*). Inverter yang diatur dengan metode ini selanjutnya disebut inverter PWM.

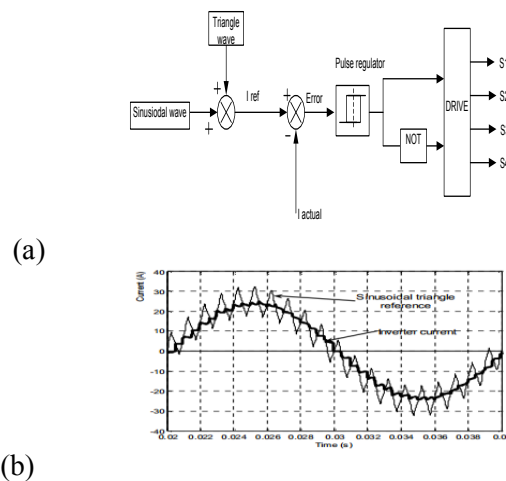


Gambar 8. Rangkaian inverter 1 fasa jembatan penuh

**D. Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control**

Kontrol arus *ramp comparison current control* diwujudkan dengan menambahkan sinyal gelombang sinusoidal ke sebuah sinyal segitiga (*triangular wave*) untuk membuat sebuah sinyal referensi segitiga yang mengikuti pola sinusoidal. Sinyal ini kemudian dibandingkan dengan arus aktual dari inverter. Titik dimana gelombang sinusoidal segitiga dan arus aktual bersilangan menjadi waktu komponen switch inverter diaktifkan (ON). Jika arus aktual lebih besar daripada sinusoidal-segitiga, komponen

switch inverter dimatikan(OFF) dan sebaliknya jika arus aktual kurang dari sinusoidal-segitiga maka komponen switch inverter diaktifkan lagi (ON). Bentuk gelombang arus keluaran pada inverter dengan metode kontrol arus *ramp comparison current control*, dapat dilihat padagambar 9 (Muh.Imran Hamid, 2008).



Gambar 9. (a) Model Kontrol Arus *Ramp Comparison Current Control* dan (b) Bentuk Gelombang Keluaran berupa Sinusoidal Segitiga Referensi yang dihasilkan oleh Kontrol Arus *Ramp Comparison Current Control*(Muh.Imran Hamid, 2008).

**E. Distorsi Harmonisa**

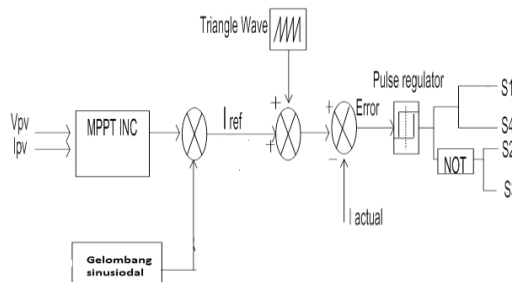
Pada kondisi ideal, gelombang arus maupun tegangan seharusnya hanya memiliki satu frekuensi dasar. Gelombangnya dikatakan memiliki harmonisa jika pada gelombang tersebut terdapat sinyal dengan frekuensi berbeda dengan frekuensi fundamentalnya. Parameter yang digunakan untuk mengetahui kandungan harmonisa dikenal dengan istilah *Total Harmonic Distortion* (THD). Terdapat dua jenis parameter THD,  $THD_v$  untuk tegangan dan  $THD_i$  untuk arus. Kedua parameter tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N V_n^2}}{V_1} \times 100\% \quad (6)$$

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N i_n^2}}{i_{1_1}} \times 100\% \quad (7)$$

Nilai THD biasanya dinyatakan dalam persen. Ketika nilainya cukup besar, risiko peralatan mengalami kerusakan semakin besar pula. Terdapat batasan nilai THD untuk tegangan maupun arus yang diizinkan. Untuk sistem dengan tegangan di bawah 69 kV, IEEE 519 memberi batasan sebesar 3 % untuk individual harmonik dan 5 % untuk *total harmonic distortion*-nya. Semakin besar tegangan suatu sistem, batasan distorsi harmonik yang diperbolehkan pun semakin kecil (Zamratul Fuadi,2014).

**F. Strategi Kontrol Arus pada Inverter PLTS.**



Gambar 11. Sistem kontrol arus *ramp* pada Inverter PLTS

Gambar 11 menunjukkan kontrol arus *ramp comparison current control* pada Inverter PLTS off grid yang dilengkapi dengan mekanisme MPPT. Nilai  $V_{pv}$  dan  $I_{pv}$  merupakan input bagi blok fungsi MPPT. MPPT selanjutnya menghasilkan arus referensi awal  $I_m$ . Perkalian besarnya  $I_m$  dengan fasa ( $\sin \omega t$ ) menghasilkan sinyal gelombang referensi ( $I_{ref}$ ). Nilai arus sesaat, arus referensi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$I_{ref} = I_m \cdot \sin \omega t \quad (10)$$

Arus gelombang referensi ( $I_{ref}$ ) selanjutnya dibandingkan dengan arus aktual dari inverter sehingga menghasilkan arus error. Sinyal arus error dimasukkan ke dalam pengatur pulsa untuk membuat pola penyulutan komponen switch inverter.

### C. METODOLOGI PENELITIAN

#### ➤ Pemodelan PV array

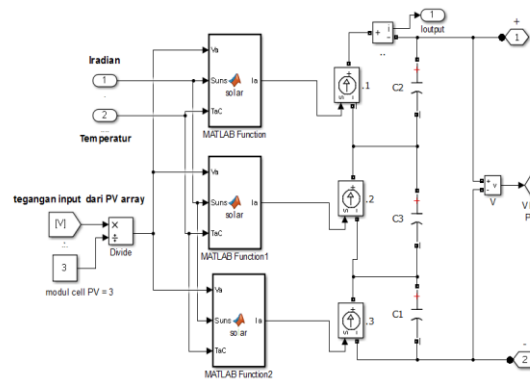
Model PV array yang terdiri dari tiga modul tersusun seri terlihat pada gambar 13. Dalam pemodelan ini, datasheet dari modul NE80E2E digunakan sebagai acuan. Karakteristik modul tersebut, dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi SHARP NE80E2E

Cell	Polycrystalline silicon solar cells
No. of cell and connections	36 in series
Application	DC 12 V system
Maximum system voltage	DC 540 V
Series fuse rating	10A
Dimensions	1.200x530x35mm
Nominal power	80 W
Weight	8.5 kg
Type of output terminal	Lead wire with connector

Tabel 2. Karakteristik optikal elektro SHARP NE80E2E

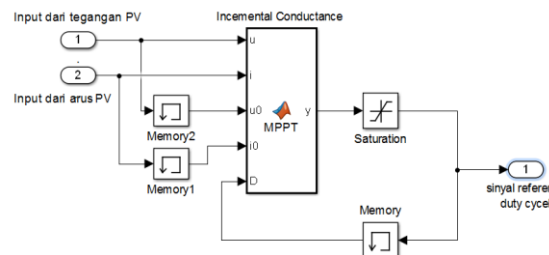
Parameters	Symbol	Minimal	Type	Unit
Open circuit voltage	$V_{oc}$	-	21.3	V
Maximum power voltage	$V_{pm}$	-	17.1	V
Short circuit current	$I_{sc}$	-	5.31	A
Maximum power	$I_{pm}$	76.0	80.0	W
Temperature coefficients of P		-0.485% / $^{\circ}$ C		
Temperature coefficients of $I_{sc}$		+0.053% / $^{\circ}$ C		
Temperature coefficients of $V_{oc}$		-78,1mV/ $^{\circ}$ C		



Gambar 13. Model PV array

➤ **Model MPPT**

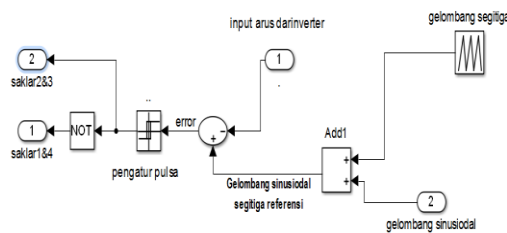
Algoritma MPPT yang digunakan adalah metode *Incremental Conductance*, dibuat dengan menggunakan kode program MATLAB (Pierre Giroux (2012)). Model MPPT ini mempunyai input berupa V dan I dari PV array;  $V_{pv}$  dan  $I_{pv}$ . Blok memori ditambahkan pada blok MPPT sehingga nilai  $\Delta I/\Delta V$  dapat dihitung. Output dari MPPT berupa sinyal referensi selanjutnya diumpungkan ke Blok Kontrol Arus.



Gambar 14. Model algoritma MPPT dengan metode *incremental conductance*

➤ **Model Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control**

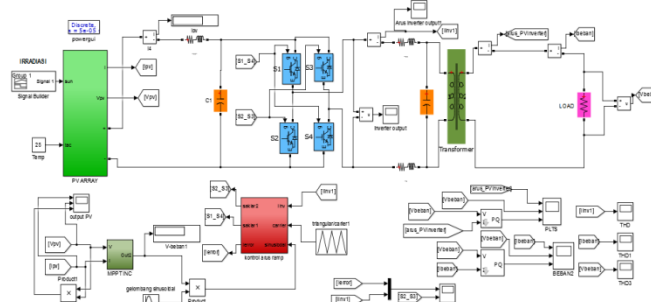
Gambar 15 menunjukkan model simulasi kontrol arus *ramp comparison current control*. Input dari blok in adalah sinyal referensi dari Blok MPPT dan gelombang segi tiga dengan frekuensi tertentu. Sedangkan outputnya merupakan sinyal gate bagi komponen switch inverter.



Gambar 15. Model kontrol arus *ramp comparison current control*

➤ **Model PLTS**

Gambar 16 menunjukkan model lengkap rangkaian simulasi yang digunakan dalam penelitian ini.



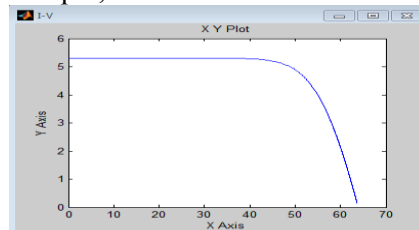


Gambar 16. Simulasi Kontrol Arus *Ramp Comparison Current Control* pada Inverter PLTS

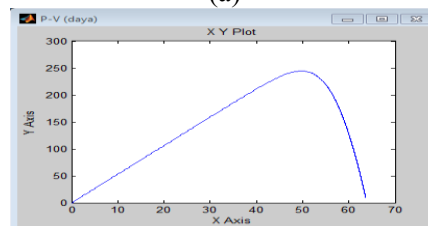
## E. HASIL DAN PEMBAHASAN

### ➤ PV array

Pengujian dilakukan pada model dalam kondisi Irradiansi  $1000\text{W/m}^2$  dengan temperatur panel PV  $25^{\circ}\text{C}$ , dengan menghubungkan PV dengan beban yang bervariasi antara  $0-1000\Omega$ . Hasil pengujian diperlihatkan pada gambar 17. Daya maksimum Pmp sekitar 243,7 Watt diperoleh pada saat tegangan Imp sekitar 50,83 Volt dengan arus Imp 4,795 A.



(a)

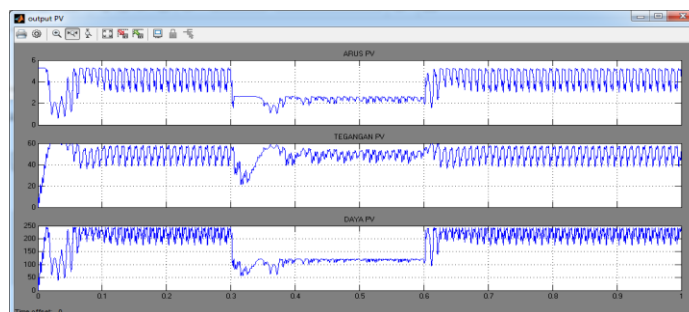


(b)

Gambar 17. Pada PV array, (a) Kurva karakteristik I-V, (b) Kurva karakteristik P-V

### ➤ Rangkaian Algoritma MPPT dengan Metode *Incremental Conductance (INC)*

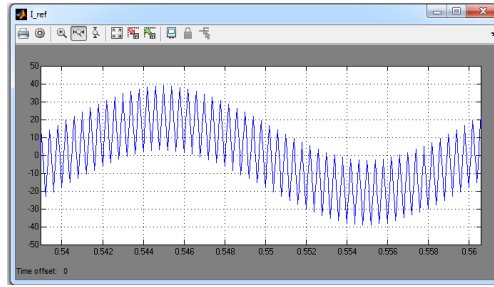
Pengujian dilakukan untuk melihat bagaimana kemampuan algoritma MPPT mencapai MPP sesuai dengan karakteristik PV array yang diinginkan. Dari hasil pengujian model terlihat bahwa perubahan tingkat besaran iradiansi dan temperatur menyebabkan perubahan pada keluaran MPPT, Hal ini menunjukkan berfungsinya algoritma MPPT yang diterapkan.



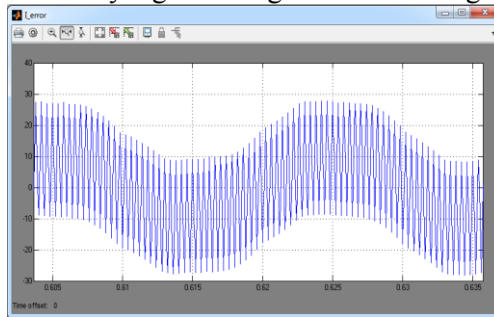
Gambar 18. Bentuk gelombang keluaran dari PV array dengan algoritma MPPT metode *Incremental Conductance*.

### ➤ Kontrol Arus *Ramp Comparison Current Control*

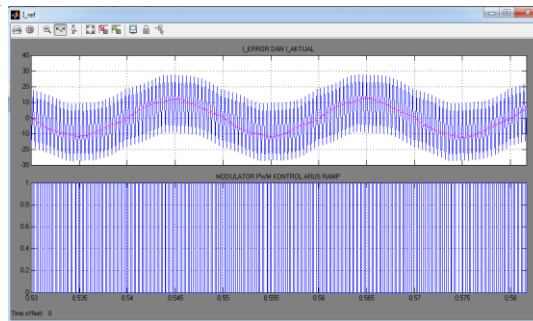
Untuk melihat gelombang keluaran dari kontrol arus *ramp comparison current control* pada Inverter PLTS terhubung dengan beban, nilai frekuensi gelombang segitiga diset 1250 Hertz dan nilai amplitudo sebesar 18 volt. Nilai Induktor 1mH dan kapasitor 900 uF pada DC link. Nilai inductor 4 mH dan 4mH, impedansi  $0.05\ \Omega$  dan  $0.05\ \Omega$  dan kapasitor 900 uF pada inverter dengan beban  $300\ \Omega$ . Gambar 19-22 menunjukkan hasil pengujian kontrol arus ini.



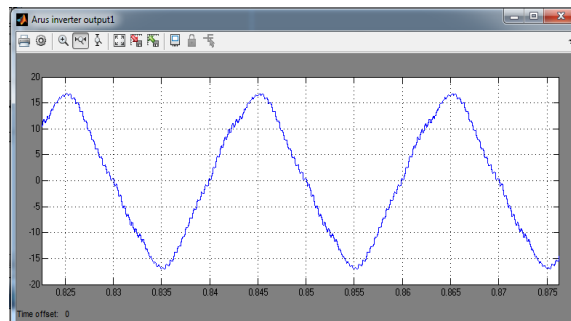
Gambar 19. Bentuk gelombang arus referensi ( $I_{ref}$ ) yang dibentuk dari hasil penambahan sinyal gelombang sinusoidal dan gelombang segitiga.



Gambar 20. Bentuk gelombang sinyal arus error ( $I_{error}$ ) yang dibentuk dari hasil penambahan nilai arus referensi dan nilai arus actual



Gambar 21. Sinyal modulator PWM kontrol arus rampdibentuk dari hasil perbandingan  $I_{error}$  dengan  $I_{actual}$



Gambar 22. Bentuk gelombang keluaran arus inverter berupa Sinusoidal-Segitiga.

➤ **THD Arus Output Inverter pada PLTS**

Untuk melihat THD arus output inverter pada PLTS, dilakukan dengan memvariasikan frekuensi dan amplitudo gelombang segitiga. Hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 3 dan tabel 4.

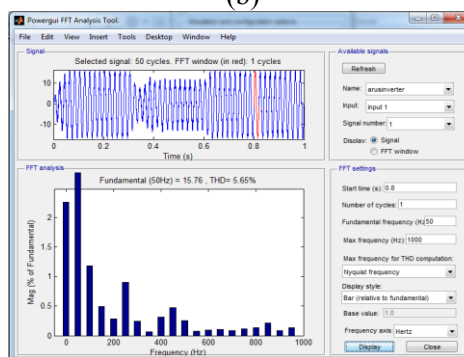
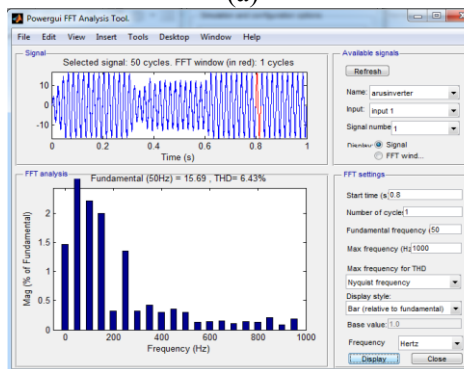
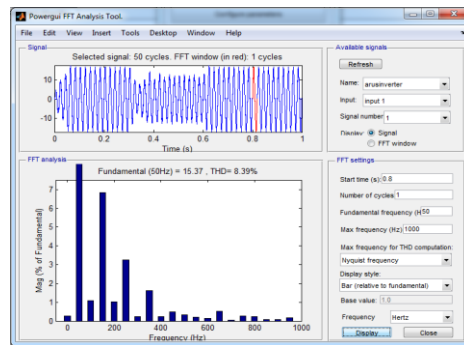
Tabel 3. THD arus output dengan frekuensi divariasikan pada amplitudo tetap 18 volt.

No	Frekuensi switching	THD
----	---------------------	-----

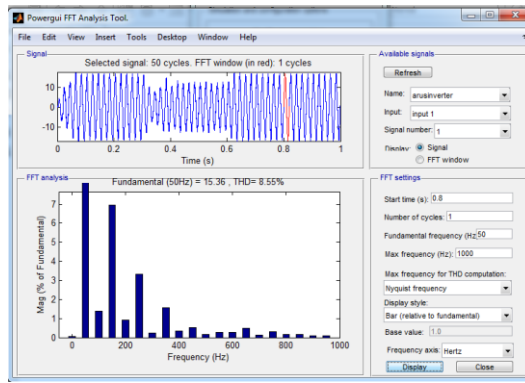
1	1250Hz	8.39%
2	2500Hz	6.43%
3	3700Hz	5.65%

Tabel 4. THD arus output dengan amplitudo divariasikan pada frekuensi gelombang segitiga.

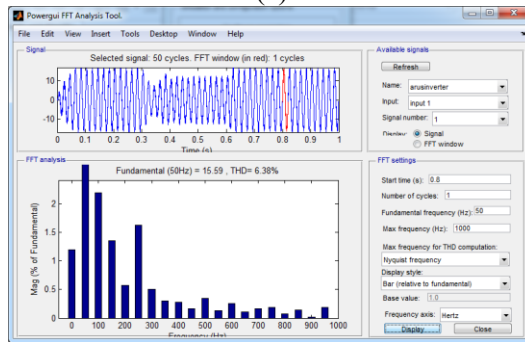
No	Frekuensi switching	THD	THD
		amplitudo 18 volt	amplitudo 21 volt
1	1250Hz	8.39%	8.55%
2	2500Hz	6.43%	6.43%
3	3700Hz	5.65%	5.67%



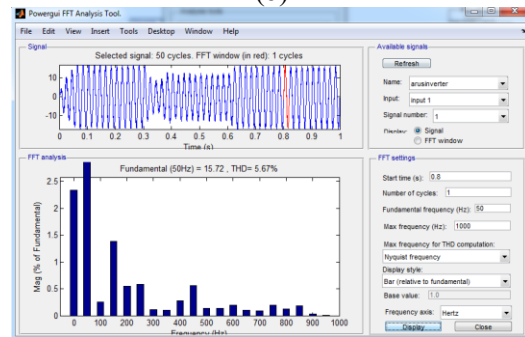
Gambar 23. Dengan fs bervariasi pada Amplitudo 18 Volt tetap: a).THD 8.39%,b).THD 6.43% dan c).THD 5.65%



(a)



(b)



(c)

Gambar 24. Dengan fsdivariasikanpada Amplitudo 21 volt :  
 a).THD 8.55%,b).THD 6.43% dan c).THD 5.67%

Dari hasil pengujian berdasarkan tabel 3 dan gambar 23, terlihat bahwa semakin besar frekuensi gelombang segitiga, kualitas THD semakin baik. Sementara itu dari tabel 4, diketahui bahwa semakin tinggi amplitudo gelombang segitiga, maka kualitas THD semakin buruk.

**F. Kesimpulan**

Dari hasil simulasi dan analisis kontrol arus *ramp comparison current control* pada inverter satu fasa PLTS, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemodelan kontrol arus ini telah berhasil dibuat sesuai dengan teori
2. Bahwa frekuensi gelombang segitigasemakin tinggi, maka kualitas arus yang dihasilkan baik (rendah distorsi). Sedangkan amplitudo gelombang segitigasemakin tinggi kualitas daya arus output yang diperoleh buruk.
3. Pemodelan ini akan digunakan untuk aplikasi simulasi praktikum/media pembelajaran praktikum khususnya pada mata kuliah elektronika daya.

**REFERENSI:**

Aryuanto Soetedjo, Abraham Lomi, Yusuf Ismail Nakhoda (2012) *Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Angin dan Surya*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang.

- Tumiran (2012) *Skenario Kebijakan Energy Nasional Menuju Tahun 2050*, Dewan Energi Nasional.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). Statistik Ketenagalistrikan 2016.
- Alief Rakhman (2013). *Jenis Sistem PLTS*, <http://rakhman.net/2013/04/jenis-sistem-plts.html>
- Mochammad Salman, Mochamad Ashari, Heri Suryoatmojo. (2011) *Perancangan Inverter Satu Fasa Yang Terhubung Dengan Jaring Distribusi Menggunakan Metode Hysterisis Current Control*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Muh.Imran Hamid dan Makbul Anwari, (2010) *Single-Phase Photovoltaic-Inverter operation characteristic in Distributed Generation System*, <http://www.intechopen.com/download/pdf/10142>
- Muh.Imran Hamid, Makbul Anwari, Taufik, (2008) *Comparison of current control methods on carrier based VSI-PWM inverter drives from line power quality aspect*, TELKOMNIKA Vol 6 No.2, Agustus 2008: 93-100, ISSN:1693-6930.
- B.Chitti Babu, B.Vasanth Reddy, K.B.Mohanty, (2010) *A Novel Delta Modulator and Modified Ramp Type Current Controller-Two Viable Scheme for Current Controlled Voltage Source Inverter*, ©2010 International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 1, No. 3
- Firmansyah Putra Pratama, Mochamad Ashari, Heri Suryoatmojo, *Sistem Pembangkit Listrik Hibrida PV-Diesel Microgrid Untuk Daerah Terisolasi Tanpa Menggunakan Media Penyimpan Energi*, Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Dwiky Alif Satria, Anizar Rizky, Novie Ayub Windarko, Suryono (2012) *Maximum Power Point Tracker (MPPT) untuk Panel Surya Statis Dengan Metode Hill Climbing*, Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
- M.Imran Hamid, Makbul Anwari, Z.Salam and Taufik, (2008) *Load Sharing Characteristic of Single Phase PV Inverter Connected to Grid*, 2<sup>nd</sup> IEEE International Conference on Power and Energy (PECon 08), December 1 – 3, Johor Bahru, Malaysia.
- Atul Gupta, Anurag Porippireddi, Venu Uppuluri Srinivasa, Akash Sharma, Mangesh Kadam, (2012) *Comparative Study of Single Phase PLL Algorithms for Grid Synchronization Applications*, Santerno India Design Center, India. IJECT Vo 1, 3, Issue 4, Oct- Dec 2012.
- Zamratul Fuadi, Mochamad Ashari, dan Feby Agung P, (2014) *Perancangan dan Simulasi Full Bridge Inverter Lima Tingkat dengan Dual Buck Converter Terhubung Jaringan Satu Fasa*, Jurnal Teknik POMITS Vol. 3, No. 1, (2014) ISSN: 2337-3539.
- M.Archana, Y.C.V.Kondaiah, M.Tech. Scholar, Assistant Professor, (2012) *Grid Interfacing Inverter of Renewable Energy Sources to Improve the Power Quality in Distribution System International*, Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Vol.1, Issue 5, November 2012, ISSN: 2278 – 8875.
- Pierre Giroux (2012), *Grid-Connected PV Array*, <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/34752-grid-connected-pv-array>
- Francisco M. González-Longatt, (2005) *Model of Photovoltaic Module in Matlab<sup>TM</sup>*, 2do Congreso Iberoamericano De Estudiantes De Ingeniería Eléctrica, Electrónica Y Computación (Ii Cibelec 2005).