

Rancang Bangun Kontrol Arus *Ramp Comparison Current Control* untuk Penyearah Tiga Fasa pada Sistem Tenaga Listrik

Hazli Nazif*, Susy Yulistanty.

Universitas Eka Sakti

E-mail: hazlif_n@yahoo.co.id

ABSTRACT

Diode rectifier is a non-linear equipment that is widely used in the household, industrial and office communities. The use of non-linear equipment can cause harmonic currents in the electricity network. This can interfere with the work of electrical equipment. So, it must be sought so that harmonic currents can be reduced. This research was conducted to reduce harmonic currents in the electricity network using the current comparison current control ramp control, to be applied to the 3 phase rectifier. From the test results show that the PWM rectifier controls the current control comparison ramp current has been successfully made according to the theory. The resulting current quality is good (low distortion) from the compartment current control ramp current control compared to the conventional 3 phase rectifier.

Keywords: three phase rectifier, THD, ramp comparison current control

ABSTRAK

Penyearah dioda merupakan peralatan non linear yang banyak dipergunakan di masyarakat rumah tangga, industri dan kantor. Penggunaan Peralatan non linear dapat menimbulkan arus harmonik pada jaringan listrik. Hal ini dapat mengganggu kerja peralatan listrik. Jadi, harus diupayakan agar arus harmonik dapat dikurangi. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi arus harmonik pada jaringan listrik dengan menggunakan kontrol arus *ramp comparison current control*, akan diterapkan pada penyearah 3 fasa. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa penyearah PWM kontrol arus *ramp comparison current control* telah berhasil dibuat sesuai dengan teori. Kualitas arus yang dihasilkan baik (rendah distorsi) dari kontrol arus *ramp comparison current control* dibandingkan dengan penyearah konvensional 3 fasa.

Kata Kunci: penyearah 3 fasa, THD, kontrol arus *ramp comparison current control*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan peralatan elektronik yang dipergunakan semakin meningkat dengan menggunakan penyearah/rectifier. Penyearah tersebut yang mengubah tegangan bolak balik AC menjadi tegangan searah DC. Penyearah ini menimbulkan harmonisa yang dapat mendistorsi gelombang fundamental sistem tenaga listrik.

Untuk mengatasi permasalahan diatas maka diperlukan, kontrol arus *ramp comparison current control* dapat mengurangi kualitas arus yang buruk (tinggi distorsi) yang dihasilkan penyearah konvensional. Kontrol arus *ramp comparison current control* yang akan diterapkan pada penyearah tiga fasa, yang terdiri dari, rangkaian sensor arus, rangkaian driver, rangkaian komparator, rangkaian penghasil gelombang sinus dan segitiga.

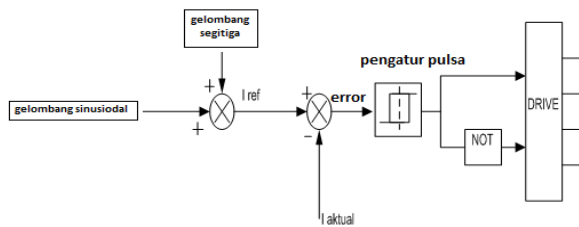
Dalam paper ini, penulis mencoba membuat kontrol arus *ramp comparison current control* untuk penyearah tiga fasa dengan menggunakan komponen-komponen elektronik, karena mempunyai respon dinamik yang sangat bagus dan frekuensi *switching* yang konstan. Kontrol arus ini mampu merespon perubahan pada sumber energi maupun grid dengan cepat dan harmonisa yang dihasilkan adalah dari

jenis *predictable* harmonisa sehingga mudah diproteksi [6].

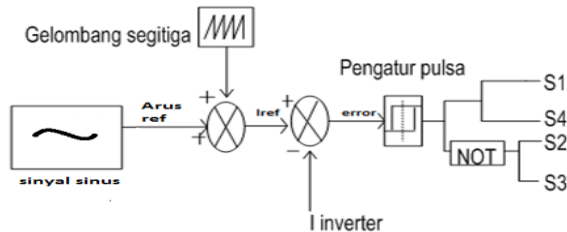
Oleh karena itu, penulis memandang perlunya dilakukan analisis terhadap penerapan kontrol arus ramp pada penyearah tiga fasa. Penyearah kontrol arus *Ramp* 3 fasa diperlukan sebagai obyek penelitian. Selain penyearah kontrol ramp 3 fasa, diperlukan juga pengujiannya yang dapat menggambarkan mekanisme kerja sistem kontrol arus *ramp* yang diterapkan pada penyearah tiga fasa, agar penelitian menjadi lebih efisien. Penulis membuat kontrol arus *ramp* untuk penyearah 3 fasa dengan menggunakan komponen-komponen elektronik. Salah satu tujuan dilakukannya pengujiannya adalah untuk mengetahui kinerja strategi kontrol arus *ramp* dengan melihat distorsi arus yang dihasilkan, yang diukur dengan parameter *total harmonics distortion* (THD).

2. RAMP COMPARISON CURRENT CONTROL PADA PENYEARAH

Penyearah adalah suatu bagian dari Rangkaian Catu Daya yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Rangkaian penyearah ini pada umumnya



Gambar 1 Rangkaian kontrol arus *ramp comparison current control*



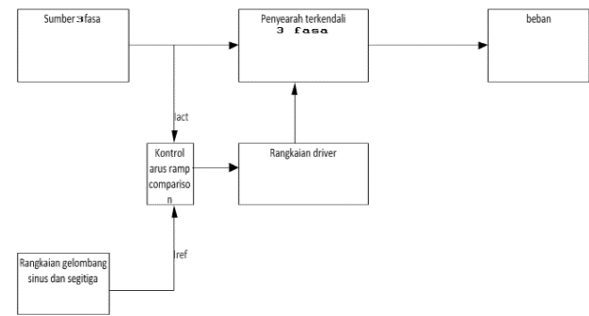
Gambar 2 Kontrol arus ramp pada penyearah

menggunakan dioda sebagai komponen utamanya. Hal ini dikarenakan dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah dioda dialiri arus bolak-balik, maka dioda tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir.

Penyearah terkendali (*controlled rectifier*) atau sering juga disebut dengan konverter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan sumber masukan arus bolak-balik dalam bentuk sinusoida menjadi tegangan luaran dalam bentuk tegangan searah yang dapat diatur/dikendalikan.

Metode kontrol arus dan tegangan merupakan salah satu kendali yang banyak digunakan pada perangkat konverter. Metode kontrol tegangan menggunakan *error* dari tegangan grid dan tegangan terminal DG (distribusi generator) pada kedua sisi kopling induktor sebagai sinyal *error* untuk controller tegangan, sedangkan metode kontrol arus menggunakan *error* antara arus aktual yang dikirim dan arus referensi yang diinginkan (diatur) sebagai sinyal *error* [7][8].

Kontrol arus *ramp comparison current control* adalah sinyal gelombang sinusoidal ditambahkan ke sebuah sinyal segitiga (*triangular wave*) untuk membuat sinusoidal segitiga referensi. Sinyal sinusoidal segitiga referensi dapat dijadikan sebagai arus referensi ini kemudian dibandingkan dengan arus aktual dari inverter atau sinyal dari gelombang sinusoidal. Dimana titik gelombang sinusoidal segitiga dan arus aktual bersilang menjadi waktu kemudian kaki inverter diaktifkan (ON). Jika arus error yang lebih besar daripada sinusoidal-segitiga,



Gambar 3 Diagram blok kontrol arus ramp untuk penyearah 3 fasa

kaki inverter dimatikan (OFF) dan sebaliknya jika arus error kurang dari sinusoidal-segitiga maka kaki inverter diaktifkan lagi (ON).

Gambar 2 menunjukkan sistem kontrol arus *ramp comparison current control* yang diterapkan pada penyearah tiga fasa. Output dari rangkaian pembentuk segitiga berupa nilai sinyal gelombang segitiga. Nilai arus referensi (I_{ref}) diperoleh dengan mengalikan nilai sinyal gelombang segitiga dan nilai sinyal sinus dari rangkaian pembentuk gelombang sinus.

Arus referensi (I_{ref}) dibandingkan dengan arus actual sehingga menghasilkan arus error, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$I_{ref} = I_m \cdot \sin \omega t \quad (1)$$

Sinyal arus error dimasukkan ke dalam pengatur pulsa untuk membuat pola penyulutan komponen switch.

$$\text{error} = I_{ref} - I_{actual} \quad (2)$$

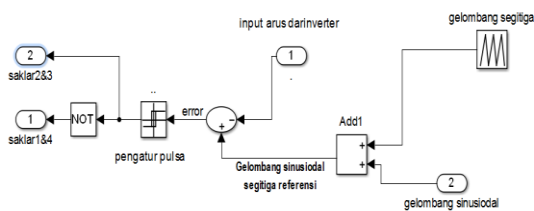
Arus gelombang referensi (I_{ref}) selanjutnya dibandingkan dengan arus aktual dari inverter sehingga menghasilkan arus error. Sinyal arus error dimasukkan ke dalam pengatur pulsa untuk membuat pola penyulutan komponen switch.

3. METODOLOGI

Paper ini merupakan tinjauan umum tentang pembuatan kontrol arus ramp dalam metodologi, dan prosedur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini termasuk membuat kontrol arus ramp untuk penyearah 3 fasa pada jaringan listrik menggunakan komponen elektronik.

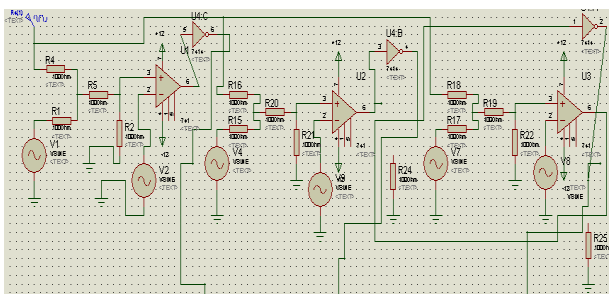
Penyearah PWM kontrol arus Ramp yang terdiri dari rangkaian sensor arus, rangkaian gelombang segitiga, beban, rangkaian driver, dan rangkaian komparator akan dibuat dengan komponen elektronik seperti blok diagram kontrol arus ramp untuk penyearah 3 fasa, dapat dilihat pada gambar 3 Di dalam blok kontrol arus ramp untuk penyearah 3 fasa, sistematis dari kontrol arus ramp untuk penyearah 3 fasa dibuat.

Gambar 4 menunjukkan kontrol arus ramp. Input dari blok ini adalah sinyal referensi dari blok sinusoidal dan gelombang segitiga dengan frekuensi tertentu. Sedangkan outputnya adalah sinyal gerbang untuk komponen sakelar pada penyearah terkendali tiga fasa.

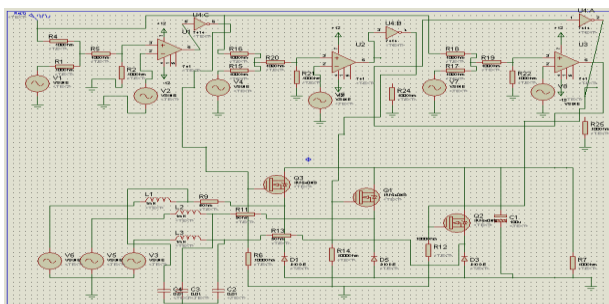


Gambar 4 Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control

Sinyal arus referensi (I_{ref}) ditambahkan dengan sinyal gelombang segitiga dengan sinyal arus sinusoidal dari sensor arus sehingga menghasilkan arus error, sinyal arus kesalahan dimasukkan ke dalam pengatur pulsa untuk membuat pola komponen sakelar untuk rangkaian driver yang menggerakkan MOSFET pada penyearah terkendali 3 fasa, sehingga penyearah 3 fasa menghasilkan tegangan output DC, sesuai dengan kebutuhan peralatan tegangan DC.



Gambar 5 Kontrol arus Ramp Comparison Current Control



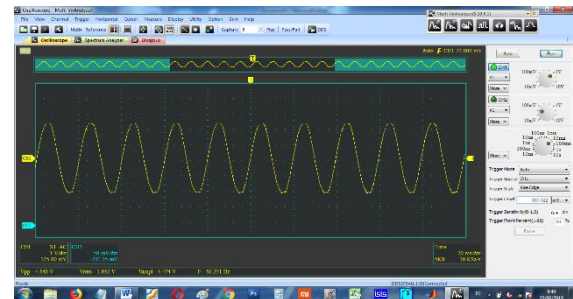
Gambar 6 Diagram blok sistem lengkap

4. ANALISA

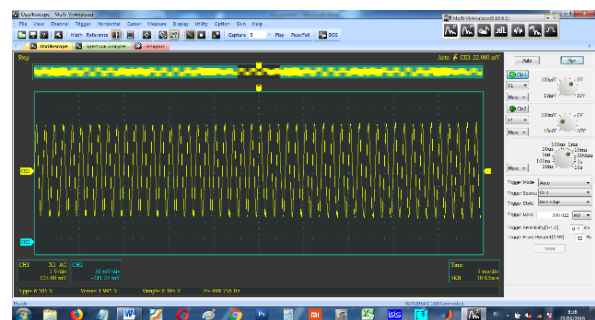
❖ Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control

Untuk melihat bentuk gelombang output dari kontrol arus ramp, pengujian ini dilakukan dengan memberikan frekuensi gelombang switching

frekuensi (F_c) 1kHz dan amplitudo 6,3 volt. Sinyal sinusoidal dari transformator fasa R ditambahkan ke sinyal segitiga dari rangkaian pembentuk segitiga dibandingkan dengan arus error dari generator function sehingga menghasilkan arus error kemudian sinyal arus error dimasukkan ke dalam pengatur pulsa. Gambar 10-12 menunjukkan bahwa rangkaian kontrol arus ramp bekerja dengan baik dan bentuk gelombangnya baik.

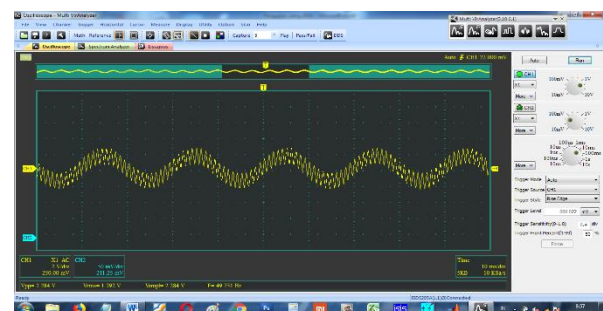


(a)

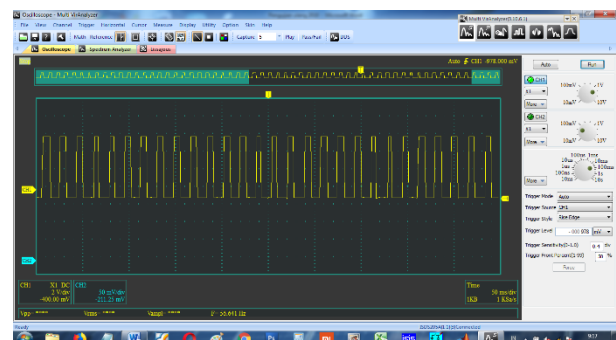


(b)

Gambar 7 (a) Sinyal gelombang sinusoidal; (b) Sinyal gelombang segitiga



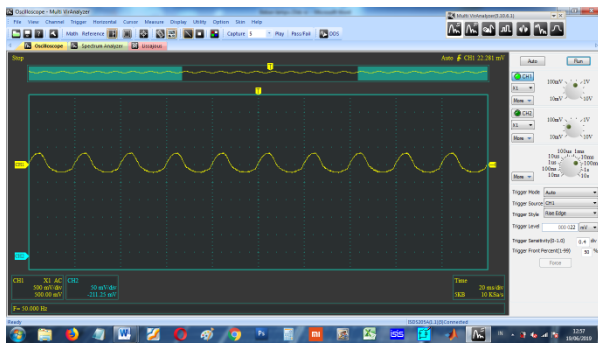
Gambar 8 Hasil bentuk gelombang segitiga-sinusoidal



Gambar 9 Hasil bentuk gelombang pulsa

❖ Penyearah Terkendali Tiga Fasa dengan Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control.

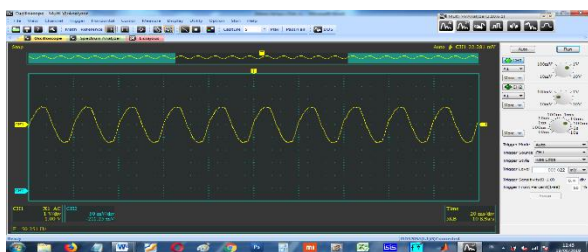
Untuk melihat tegangan dan arus keluaran DC, Pengujian ini terhadap penyearah 3 fase yang terhubung dengan beban linear 20 Ohm, yang dilakukan dengan nilai amplitudo 6,3 Volt dan frekuensi switching 1 kHz diberikan. Dari hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penyearah 3 fase terkontrol bekerja dengan baik dan hasil bentuk gelombang tegangan keluaran DC, ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 10 Hasil bentuk gelombang tegangan keluaran DC

❖ Arus Input pada sistem listrik 3 fasa

Untuk melihat hasil gelombang arus input dari sumber daya 3 fasa (R, S, T). Dalam jaringan listrik 3 fase, induktor 2,5 mH dipasang, resistansi 22 ohm dan kapasitor 0,001 f. Sementara itu, kapasitor 1000 uF dan beban 23 ohm dipasang di Penyearah terkendali Kontrol arus Ramp. Pengujian arus input fase R dengan diberikan nilai amplitudo gelombang segitiga 6,3 V dan gelombang fc segitiga 1Khz. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil input arus gelombang fasa R ternyata tidak menimbulkan arus harmonik.

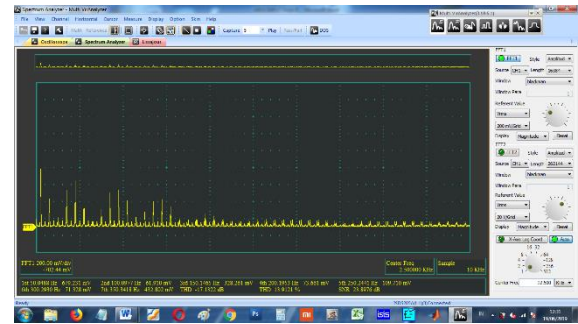


Gambar 11 Hasil bentuk gelombang arus input R fasa

❖ THD arus pada arus input R, S dan T Fasa

- Pengujian penyearah kontrol arus ramp terhubung ke beban linier 22 ohm, yang dilakukan dengan nilai amplitudo 6.1V dan 1KHz. Dari hasil pengujian berdasarkan tabel.3 menunjukkan bahwa penyearah

kontrol arus ramp lebih baik (distorsi rendah) daripada penyearah konvensional.



Gambar 12 Hasil pengujian (penyearah konvensional) terlihat bahwa THD 13%



Gambar 13 Hasil pengujian (penyearah kontrol arus Ramp) terlihat bahwa THD 1.3%

Tabel 1 THD arus pada arus input dengan beban linier 22 ohm

Pengujian	THDi R	THDi S	THDi T
Penyearah konvensional	13%	14%	13%
Penyearah kontrol arus ramp	1.3%	1.2%	1.3%

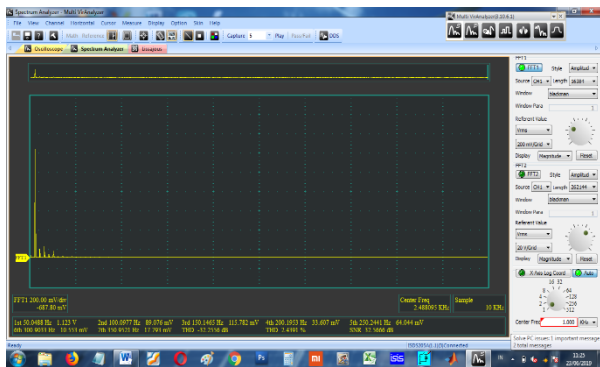
- Pengujian terhadap penyearah kontrol arus ramp dihubungkan dengan beban linier tetap 33 ohm, yang dilakukan dengan nilai amplitudo tetap 6 dan frekuensi switching (fc) bervariasi. Dari hasil pengujian berdasarkan tabel.3 menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi switching semakin kualitas input arus (distorsi rendah) lebih baik.



Gambar 14 Hasil pengujian terlihat bahwa THD 1% dengan fc 1KHz



Gambar 15 Hasil Pengujian bahwa THD 2.7% dengan f_c 848 Hz



Gambar 16 Hasil Pengujian bahwa THD 2.4% dengan f_c 645 Hz

5. KESIMPULAN

Kontrol arus *ramp comparison current control* telah berhasil dibuat, sesuai dengan teori. Bahwa kualitas arus yang dihasilkan dari penyearah kontrol arus jalan baik (rendah distorsi), dibandingkan dengan penyearah konvensional 3 fasa. Semakin tinggi frekuensi switching semakin kualitas input arus (distorsi rendah) yang baik. Kontrol arus ramp ini dapat bekerja dengan baik, diterapkan pada penyearah 3 fasa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRPM, Dikti yang telah memberikan kesempatan dan memberikan biaya penelitian kepada kami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aryunto 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.
- [2] Tumiran (2012) *Skenario Kebijakan Energy Nasional Menuju Tahun 2050*, Dewan Energi Nasional.

- [3] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Statistik Ketenagalistrikan 2016*.
- [4] Alief Rakhman (2013). *Jenis Sistem PLTS*, <http://rakhman.net/2013/04/jenis-sistem-plts.html>
- [5] Mochammad Salman, Mochamad Ashari, Heri Suryoatmojo. (2011) *Perancangan Inverter Satu Fasa Yang Terhubung Dengan Jaring Distribusi Menggunakan Metode Hysteresis Current Control*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Muh.Imran Hamid dan Makbul Anwari, (2010) *Single-Phase Photovoltaic-Inverter operation characteristic in Distributed Generation System*, <http://www.intechopen.com/download/pdf/10142>
- [7] 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.
- [8] 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
- [9] 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).
- [10] 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.
- [11] M.Imran Hamid, Makbul Anwari, Z.Salam and Taufik, (2008) *Load Sharing Characteristic of Single Phase PV Inverter Connected to Grid*, 2nd IEEE International Conference on Power and Energy (PECon 08), December 1 – 3, Johor Bahru, Malaysia.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Pierre Giroux (2012), *Grid-Connected PV Array*, <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/34752-grid-connected-pv-array>
- [16] Francisco M. González-Longatt, (2005) *Model of Photovoltaic Module in MatlabTM*, 2do Congreso Iberoamericano De Estudiantes De Ingeniería Eléctrica, Electrónica Y Computación (Ii Cibelec 2005).