

RANCANGAN BANGUN KONTROL ARUS *RAMP COMPARISON CURRENT CONTROL* UNTUK INVERTER SATU FASA PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

BUILD CURRENT CONTROL OF RAMP COMPARISON CURRENT CONTROL FOR SINGLE PHASE INVERTER AT SOLAR POWER PLANTS

Hazlif Nazif

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Ekasakti

E-mail: hazlif_n@yahoo.co.id

INFO ARTIKEL

Koresponden

Hazlif Nazif

hazlif_n@yahoo.co.id

Kata kunci:

inverter, THD, ramp comparison current control, PLTS

hal: 148 - 156

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, rangkaian kontrol arus *ramp comparison current control* dibuat dan dianalisa pada sebuah inverter Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). *Prototype* kontrol arus *ramp comparison current control* dibuat menggunakan komponen-komponen elektronik. Rangkaian kontrol arus *ramp comparison current control* yang telah berhasil dibuat sesuai dengan teori. Hasil pengujian dari rangkaian kontrol arus tersebut menunjukkan bahwa nilai THD arus dan THD tegangan tidak sesuai dengan standar IEEE 519-1992. Kontrol arus *ramp comparison current control* diuji dengan memvariasikan frekuensi atau amplitudo gelombang segitiga sebagai sinyal pemodulasi kontrol arus ramp. Untuk setiap frekuensi dan amplitudo tersebut, kualitas arus keluaran dianalisis dengan melihat distorsi arus yang dihasilkan. Dari hasil pengujian menunjukkan untuk frekuensi gelombang segitiga sebesar 140 Hz, diperoleh THD arus sebesar 51.69%, sementara untuk frekuensi 200 Hz, THD yang diperoleh adalah sebesar 66.19%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa semakin besar switching frekuensi gelombang segitiga yang diterapkan, maka kualitas arus yang dihasilkan semakin buruk (tinggi distorsi). Sementara itu, pengaruh amplitudo gelombang segitiga menunjukkan semakin tinggi amplitudo gelombang segitiga semakin buruk kualitas daya arus output yang diperoleh, untuk amplitudo gelombang sebesar 0.6 Volt pada frekwensi gelombang tetap 140 Hz, THD arus yang dihasilkan adalah sebesar 55%, sementara untuk amplitudo sebesar 0.8 Volt, THD arus yang dihasilkan adalah sebesar 60%.

Copyright © 2018 U JSR. All rights reserved.

ARTICLE INFO

Correspondent:

Hazlif Nazif
 hazlif_n@yahoo.co.id

Keywords:

inverter, THD, ramp comparison current control, PLTS

page: 148 - 156

ABSTRACT

In this study, the current control circuit of the ramp comparison current control is made and analyzed for single phase inverter at a solar power plant. The Current control prototype of the ramp comparison current control is made using electronic components. The Current control circuit of the ramp comparison current control that has been successfully made in accordance with the theory. The test results from the current control circuit indicate that the THD current and THD voltage values are not in accordance with the IEEE 519-1992 standard. The Current control of the ramp comparison current control is tested by varying the frequency or amplitude of the triangular waveform as a ramp current control modulation signal. For each frequency and amplitude, the quality of the output current is analyzed by looking at the current distortion produced. From the test results show that for the triangular wave frequency of 140 Hz, the THD current is 51.69%, while for the frequency of 200 Hz, the THD obtained is 66.19%. These values indicate that the greater the switching of the triangular wave frequency is applied, the quality of the resulting current becomes worse (high distortion). Meanwhile, the effect of triangular wave amplitude shows the higher triangle wave amplitude the worse the output current power quality is obtained, for wave amplitude of 0.6 Volts at fixed wave frequency of 140 Hz, the THD current generated is 55%, while for amplitude of 0.8 Volts, THD current generated is 60%.

Copyright © 2018 U JSR. All rights reserved.

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). Pembangkit tenaga listrik alternatif lain berupa sumber energi terbarukan seperti PLTS. Sumber PLTS merupakan sumber energi terbarukan yang cukup populer yang bersih dan tersedia secara bebas dapat dijadikan sebagai alternatif yang fleksibel (Soetedjo, 2012).

Sistem PLTS yang terdiri dari komponen modul PV, konverter listrik dan sistem kontrol operasi. Modul PV yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik DC dan konverter daya listrik (Inverter) yang berfungsi untuk mengubah energi listrik DC menjadi energi listrik AC. *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.

Untuk mengatasi permasalahan di atas maka diperlukan, kontrol ramp *ramp comparison current control* adalah membandingkan arus error ke dalam gelombang segitiga untuk menghasilkan sinyal penyulutan yang digunakan untuk mengendalikan saklar statis pada inverter dari sistem PLTS dan dapat mengurangi kualitas arus yang buruk (tinggi distorsi) (Rakhman, 2013; Hamid dan Anwari, tt).

Pada penelitian ini, mencoba membuat metode kontrol arus *ramp comparison current control* untuk inverter satu fasa pada PLTS. Metode ini mempunyai respon dinamik yang cepat dan frekuensi switching yang konstan dalam mengendalikan arus output dari inverter (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 (Hamid, Anwari dan Taufik, 2008).

Untuk melakukan analisa dan pengujian terhadap penerapan sistem control arus yang telah dibuat, diperlukan model yang mewakili sistem inverter pada PLTS, juga diperlukan pengujiannya yang dapat menggambarkan mekanisme kerja sistem kontrol arus ini pada inverter PLTS.

METODE PENELITIAN

Panel Surya

Sel surya atau PV merupakan suatu komponen semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Karakteristik besarnya daya yang dapat dikeluarkan oleh PV bergantung pada besarnya intensitas cahaya yang mengenai permukaan PV dan suhu pada permukaan PV (PT. PLN, 2014)

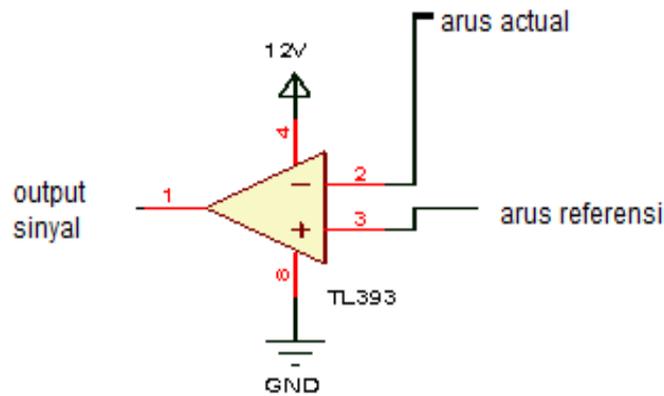
Dalam pemasangan ini, *datasheet* dari modul ADSP 50 digunakan sebagai acuan. Karakteristik modul tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

PV Module Electricity Performance Parameter	
Cell type:	Polycrystalline silicon solar cell
Maximum Power (Pmax)	50W
Voltage at Pmax (Vmp)	17.6V
Current at Pmax (Imp)	2.86A
Open-circuit voltage (Voc)	22.0V
Short circuit current (Isc)	3.03A
Max System Voltage:	700V
Temperature Range:	-45 °C ~ +80 °C
Dimension	670x530x30mm
NOTE: POWER MEASURED UNDER STANDARD TEST CONDITIONS: 1000W/M ² AM 1.5 GLOBAL 25 °C CELL TEMPERATURE	
WARNING! This solar module produces electricity when exposed to light. Cover all modules in the PV array with opaque material before making any wiring connections or opening the terminal box.	
CE TUV IEC RoHS ISO	

Gambar 1. Spesifikasi Panel Surya ADSP 50

Rangkaian Komparator

Arus referensi (I_{ref}) dibandingkan dengan arus actual dari inverter sehingga menghasilkan sinyal error (Gambar 2).



Gambar 2. Rangkaia Komparator

Rangkaian Pembentuk Gelombang Sinusoidal dan Segitiga

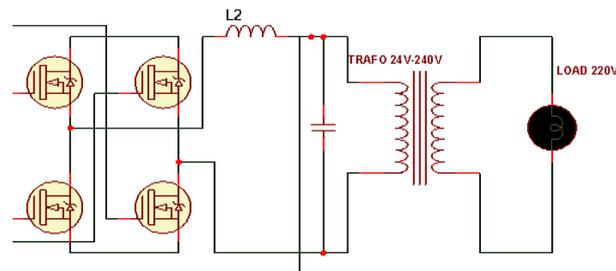
Sinyal gelombang sinusoidal yang dihasilkan dari rangkaian pembentuk gelombang sinusoidal dan sinyal gelombang segitiga yang dihasilkan dari rangkaian pembentuk gelombang segitiga, ditambahkan menjadi gelombang sinusoidal-segitiga, seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3, Rangkaian Pembentuk Gelombang Sinusoidal dan Segitiga

Inverter Terhubung dengan Beban

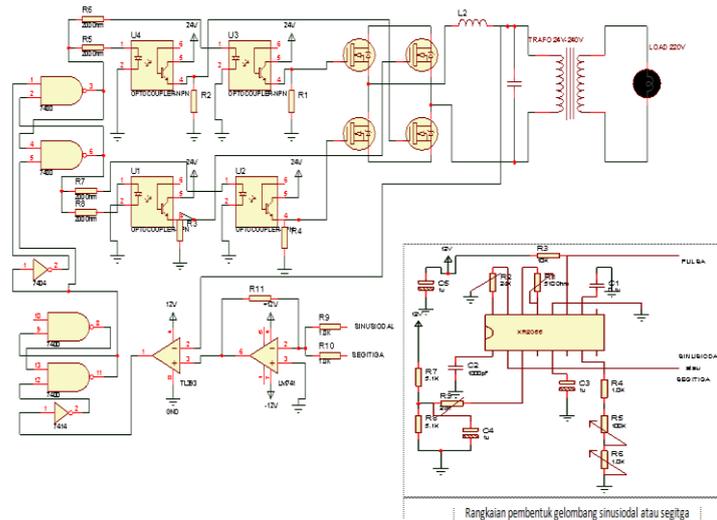
Sinyal dari optocoupler diterima dan mengerakkan switching dari Mosfer sehingga menghasilkan frekuensi 50 Hz sesuai dengan kebutuhan beban, seperti diperlihatkan Gambar 4.



Gambar 4. Inverter Terhubung dengan Beban

Sistem Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control Untuk Inverter Satu Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Gambar 5 menunjukkan sistem lengkap yang digunakan dalam penelitian ini



Gambar 5. Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

Panel Surya

Untuk mengetahui apakah tegangan dan arus panel surya sesuai atau tidak dengan spesifikasi data panel surya, maka Pengujian terhadap panel surya ini akan dilakukan pada intensitas cahaya 1000 w/m dengan cara mengukur tegangan dan arus dengan menggunakan voltmeter dan amperemeter.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa pada intensitas cahaya 1262, tegangan keluaran dari panel surya adalah 20.05 V sudah sesuai dengan data spesifikasinya. Hal ini artinya sudah bekerja dengan baik, dapat dilihat pada gambar atas ini.

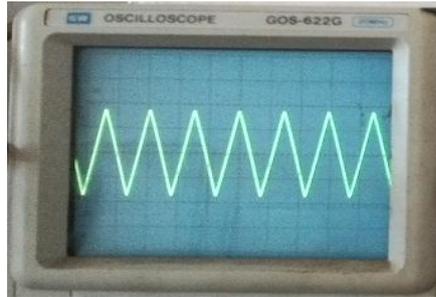
Rangkaian Pembentuk Gelombang Sinusoidal dan Segitga

Pembangkit pulsa merupakan sebuah rangkaian yang terdiri dari beberapa komponen elektronika. Komponen utama pada rangkaian tersebut adalah sebuah IC monolithic XR -220. Diagram blok dari Integrated Circuit (IC) XR-2206, yaitu suatu rangkaian terpadu generator fungsi monolithic yang mampu menghasilkan gelombang sinus, segitiga, dan kotak dengan kestabilan dan kecepatan yang tinggi.

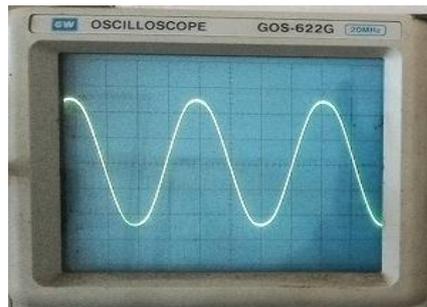
Keluaran dari ketiga gelombang tersebut frekuensi dan amplitudonya dapat diatur dengan memberikan tegangan masukan dari luar. Langkah ukur frekuensinya berkisar antara 0,01Hz sampai dengan lebih dari 1 Mhz (Pratama, Ashari dan Suryoadmojo, 2013).

Untuk mengetahui apakah rangkaian tersebut berfungsi baik atau tidak, maka Pengujian terhadap rangkaian ini akan dilakukan dengan nilai Amplitudo dan nilai frekuensi diberikan dengan cara berputar potensiometer.

Dari hasil pengujian maka dapat dinyatakan bahwa pada rangkaian pembentuk gelombang segitiga, hasil bentuk gelombang nya baik dengan nilai switching frekuensi 517 Hz dan amplitudo 0.7 Volt. Hal ini artinya rangkaian ini berfungsi baik, sedangkan pada rangkaian pembentuk gelombang sinusoidal, hasil bentuk gelombang nya baik dengan nilai switching frekuensi 50 Hz dan amplitudo 0.9 Volt. Hal ini artinya rangkaian ini berfungsi baik, dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



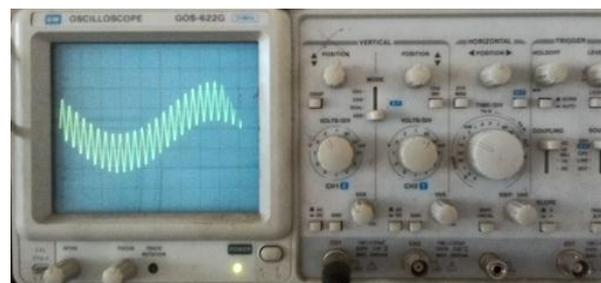
Gambar 6. Hasil Bentuk Gelombang Segitiga dengan Nilai Frekuensi 517 Hz dan Amplitudo 0.7 Volt



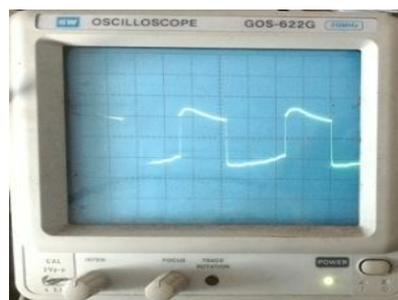
Gambar 7. Hasil Bentuk Gelombang Sinusoidal dengan Nilai Frekuensi 50 Hz dan Amplitudo 0.9 Volt

Kontrol Arus Ramp Comparison Current Control

Setelah pengujian terhadap kontrol arus *ramp comparison current control* dengan nilai switching frekuensi diberikan adalah 760 Hertz dan amplitudo tetap 0.7 Volt dari rangkaian pembentuk gelombang segitiga serta nilai frekuensi 50 Hz dan nilai Amplitudo 0.8V dari rangkaian pembentuk gelombang sinusoidal, maka hasil kinerja kontrol arusnya dan bentuk gelombang keluaran pada kontrol arus ini, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Bentuk Gelombang Arus Referensi (I_{ref}) Yang Dibentuk Dari Hasil Penambahan Sinyal Gelombang Sinusoidal Dan Gelombang Segitiga



Gambar 9. Bentuk Gelombang Keluaran Tegangan Inverter Berupa Gelombang Kotak Sebelum Filter

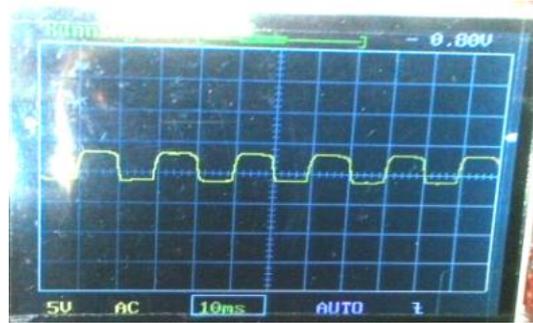
Inverter terhubung dengan Beban

Inverter adalah suatu rangkaian yang mampu mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Ada 2 jenis inverter yang umum digunakan pada sistem tenaga listrik yaitu:

- Inverter dengan frekuensi dan tegangan keluar yang konstan
- Inverter dengan frekuensi dan tegangan keluaran yang berubah-ubah (Satria, Rizky, Windarko, Suryono, 2012).

Tegangan dan frekuensinya dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan. Pengaturan tegangan dapat dilakukan di luar inverter atau di dalam inverter. Pengaturan tegangan di dalam inverter dikenal sebagai Modulasi Lebar Pulsa (Pulse Width Modulation, PWM) dan selanjutnya disebut inverter PWM (Hamid, Anwari, Salam, dan Taufik, 2008).

Setelah pengujian terhadap Inverter terhubung dengan beban 5 Watt, yang dilakukan dengan amplitudo 0.9 V rangkaian sinusoidal dan frekuensi switching yang diberikan sebesar adalah 760 Hz dari rangkaian segitiga, maka hasil pengujiannya dapat diperoleh bahwa pada hasil bentuk gelombang keluarannya berupa gelombang kotak, dapat diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Bentuk Gelombang Kotak

THD arus pada Inverter Terhubung dengan Beban 20 Watt dengan Nilai Frekuensi Switching dan Amplitudo yang Divariasikan

Setelah pengujian terhadap THD arus pada Inverter terhubung dengan beban linear (lampu 20 Watt) untuk melihat THD arus output inverter dengan nilai frekuensi switching yang divariasikan, dan nilai amplitudo dari gelombang sinusoidal tetap, maka hasilnya dapat dilihat pada tabel 1. Selanjutnya frekuensi gelombang dan amplitudo gelombang segitiga divariasikan, hasilnya juga dilihat pada tabel 2. Nilai Induktor adalah 1mH pada beban 20 W dan amplitude tetap, hal ini sebagai arus referensi.



Gambar 11. Pengujian terhadap Thd arus pada Inverter Terhubung dengan Beban 20 Watt dengan Nilai Frekuensi Switching dan Amplitudo yang Divariasikan

Tabet 1. Pengujian THD Arus pada Inverter Terhubung dengan Beban 20 W dengan Nilai Amplitudo 0.6V Tetap dan Frekuensi Switching Divariasikan

No	Frekuensi switching	Tegangan	Arus	THD _v	THD _I
1	140 Hz	100	0.06	35.92%	51.69%
2	180 Hz	100	0.04	40.01%	60.04%
3	200 Hz	100	0.03	45.08%	66.19%

Semakin nilai frekuensi switching besar semakin nilai distorsi (THD) buruk. Dari Tabel 1, diketahui bahwa nilai THD tegangan dan arus tidak sesuai dengan standar batasan IEEE 519-1992.



(A) (B)
Gambar 12. (A) Nilai THD Tegangan, (B) Nilai THD Arus

Tabet 2. Pengujian THD Arus Pada Inverter Terhubung Dengan Beban Linear 20 W Dengan Frekuensi Switching Tetap 140 Hz Dan Nilai Amplitudo Dari Rangkaian Sinusoidal Divariasikan

No	Amplitudo	Tegangan	Arus	THD _v	THD _I
1	0.6 V	100	0.06	38%	55%
2	0.7 V	100	0.04	39%	57%
3	0.8 V	100	0.03	40%	60%

Semakin nilai Amplitudo besar semakin nilai distorsi (THD) buruk. Dari Tabel 2, diketahui bahwa nilai THD tegangan dan arus tidak sesuai dengan standar batasan IEEE 519-1992.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dan analisa dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Rangkaian kontrol arus *ramp comparison current control* untuk inverter satu fasa berhasil dibuat sesuai dengan teorinya
2. Bahwa untuk frekwensi gelombang segitiga sebesar 140 Hz, diperoleh THD arus sebesar 51%, sementara untuk frekwensi 200 Hz, THD yang diperoleh adalah sebesar 66 %. Semakin besar frekwensi gelombang segitiga yang diterapkan, maka kualitas arus yang dihasilkan semakin buruk (tinggi distorsi). Sementara itu, bahwa untuk amplitudo gelombang sebesar 0.6 Volt pada frekwensi gelombang tetap 140 Hz, THD arus yang dihasilkan adalah sebesar 55%, sementara untuk amplitudo sebesar 0.8 Volt, THD arus yang dihasilkan adalah sebesar 60%. semakin tinggi amplitude gelombang segitiga semakin buruk kualitas daya arus output yang diperoleh (tinggi distorsi).
3. Bahwa nilai arus THD sebesar 46% sampai 55% sudah tidak sesuai dengan standar IEEE 519-1992.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kemenristek Dikti yang telah membiayai penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula (PDP) dan kepada Laboratorium Teknik Elektro UNES yang telah memberikan izin untuk dijadikan lokasi penelitian, Terima kasih juga kepada pimpinan dan LPPM UNES yang telah memfasilitasi dan memberikan kesempatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Babu, B.C., B.Vasanth Reddy, K.B.Mohanty,"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.
- Hamid, Muh.I., dan Makbul Anwari,"Single-Phase Photovoltaic-Inverter operation characteristic in Distributed Generation System", <http://www.intechopen.com/download/pdf/10142>
- Hamid, Muh.I., 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.
- Satria, D. A., 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. The 14th Industrial Electronics Seminar 2012.
- Hamid, M. I., 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.
- Soetedjo, A., 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.
- Pratama, F. P., Mochamad Ashari, Heri Suryoatmojo. 2013. *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).
- PT. PLN (Persero). 2014. *Statistik PLN 2013*. ISSN 0852-8179 No: 02601-140722

=====