

RANCANG BANGUN MPPT *BOOST CONVERTER* PADA POMPA AIR TENAGA SURYA

DESIGN OF MPPT BOOST CONVERTER TO SOLAR CELL WATER PUMP

Evin Astian Suri¹, Ekki Kurniawan S.T., M.T.², Kharisma Bani Adam S.T., M.T.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹evinastiansuri@students.telkomuniversity.ac.id, ²ekkekurniawan@telkomuniversity.ac.id,

³kharismaadam@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Panel surya sebagai jenis pembangkit listrik terbaharukan di masa datang akan semakin memiliki peranan penting sebagai pengganti energi fosil atau energi tak terbaharukan. Namun dalam aplikasinya secara konvensional panel surya mempunyai kekurangan yakni memiliki efisiensi yang rendah, hal ini dikarenakan karakteristik V-I sel surya yang tidak linier terhadap pembebanan. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, seperti besarnya tingkat intensitas cahaya dan suhu kerja dari panel surya. Secara umum, terdapat titik yang unik pada kurva V-I atau kurva V-P, yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP). Dimana pada titik tersebut, solar sel bekerja pada efisiensi maksimum dan menghasilkan daya keluaran paling besar. Letak dari MPP tidak diketahui, tetapi dapat dicari, dengan menggunakan perhitungan atau algoritma penjejak. Oleh karena itu algoritma *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dibutuhkan untuk menjaga titik kerja solar sel agar tetap bekerja pada titik MPP.

Dalam Tugas Akhir ini akan dirancang suatu alat berbasis mikrokontroler untuk mengoptimalkan kerja dari panel surya dengan cara mencari titik MPP (*Maximum Power Point*) dengan algoritma *Incremental Conductance*, kemudian mengimplementasinya menjadi tegangan output dari panel surya dan menjadi input untuk *boost converter* yang dikontrol dengan PWM (*Pulse Width Modulation*), sehingga dapat menghasilkan tegangan yang maksimal untuk selanjutnya menjadi input untuk *inverter*.

Tugas Akhir ini diharapkan dapat tercipta sebuah pompa air yang tidak membutuhkan sumber listrik PLN. Sistem yang diimplementasikan dalam tugas akhir ini diharapkan bisa digunakan dalam berbagai kondisi. Terutama pada satu daerah dimana tidak terdapat sumber listrik. Karena bagi masyarakat air merupakan kebutuhan yang sangat penting.

Kata Kunci: Panel surya, MPPT, *Incremental Conductance*, *Boost Converter*

Abstract

Solar panel as a type of renewable energy in the future will increasingly have an important role as a substitute for fossil energy or nonrenewable energy. However, in its application in the conventional solar panel has shortcomings that is low efficiency, this is because the V-I characteristic of solar cells that are not linear with respect to loading. There are several factors that affect the electric power generated by solar panel, such as the level of light intensity and working temperature of solar panel. In general, there is a unique point on the V-I curve or V-P curve, called Maximum Power Point (MPP). Where at that point, solar cells work at maximum efficiency and produce the greatest output power. The location of the MPP is unknown, but can be searched, using calculation or tracking algorithm. Therefore, the Maximum Power Point Tracker (MPPT) algorithm is required to maintain the working point of solar cells in order to keep working at the point MPP.

In this final project will be designed a tool that based from microcontroller to optimize the power of solar panel by finding the MPP (Maximum Power Point) using Incremental Conductance algorithm, then implement them into a voltage output from the solar panel and becomes the input for the boost converter that controlled by PWM (Pulse Width Modulation), so as to produce a maximum voltage and becomes the input to the inverter.

This final project expected to create a water pump that does not require a PLN power source. The system implemented in this final project is expected to be used in a variety of conditions. Especially in an area where there is no power source. Because for people, water is a very important requirement.

Keywords: Solar Panel, MPPT, *Incremental Conductance*, *Boost Converter*

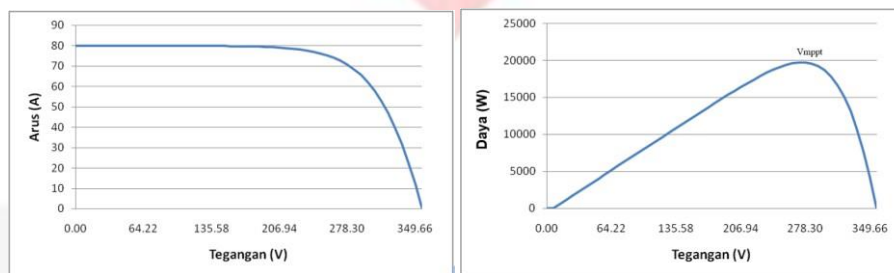
1. Pendahuluan

Seiring terus berkembangnya penggunaan PV pada berbagai sektor yang membutuhkan listrik menjadikan solusi untuk daerah – daerah di berbagai negara yang mempunyai kesulitan dalam memperoleh listrik terutama di daerah tropis seperti Indonesia. Selain sulit mendapat listrik, beberapa daerah di Indonesia juga pada suatu siklus selalu dilanda kemarau dikarenakan iklim yang tidak menentu. Untuk mengatasi sulitnya mencari air pada daerah tersebut maka salah satu solusi dengan teknologi yang bisa diciptakan adalah pompa air bertenaga *photovoltaic* dengan MPPT atau *Maximum Power Point Tracking*. Pompa air ini bekerja berdasarkan energi surya yang sudah dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan PV sebagai sumber. Penggunaan pompa air bertenaga surya dengan MPPT ini dapat memaksimalkan daya dari energi surya dan dengan mempertimbangkan efisiensi didapat sehingga bisa memberikan salah satu solusi terhadap permasalahan kekurangan listrik dan sumber air dengan sebuah teknologi yang dipadukan dengan pemanfaatan salah satu energi terbesar, yaitu energi surya.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Energi Surya

Photovoltaic (PV) telah berkembang sekitar 50 tahun dan telah banyak pula penelitian dilakukan untuk menghasilkan sel surya yang murah dan dapat bersaing dengan tenaga listrik buatan (hidro atau nuklir) untuk memecahkan problem kebutuhan tenaga listrik yang ramah terhadap lingkungan hidup diseluruh lapisan dunia ini.



Gambar 1. Karakteristik I-V dan P-V Panel Surya

Dari karakteristik I-V Gambar 1 dapat dilihat bahwa *solar cell* adalah sebuah sumber arus, yaitu membangkitkan arus konstan untuk tegangan keluaran yang variabel.

Untuk suatu irradiasi tertentu, *solar cell* dapat membangkitkan daya maksimum apabila tegangan keluaran *solar cell* adalah sebesar V_{mpp} seperti ditunjukkan karakteristik P-V pada Gambar 1.

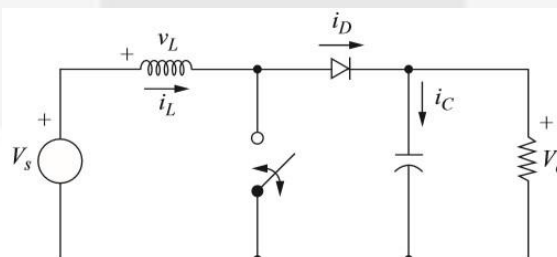
2.2 MPPT (*Maximum Power Point Tracking*)

MPPT (*maximum power point tracking*) adalah teknik yang digunakan untuk menjaga sistem *photovoltaic* bekerja dalam point MPP (*maximum power point*)[3].

Sel surya tidak akan secara otomatis bekerja pada titik kerja maksimumnya, melainkan harus dikendalikan. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah metode yang digunakan untuk mencari titik kerja maksimum sel surya dan mempertahankan sel surya bekerja di titik tersebut.

2.3 DC Chopper

DC-DC *converter* adalah rangkaian elektronika daya untuk mengkonversi level tegangan DC ke level tegangan DC yang berbeda. Salah satu jenis dari DC-DC *converter* adalah *boost converter*[1]. *Boost converter* adalah suatu DC-DC *converter* yang memiliki arus masukan kontinyu dan arus keluaran diskontinyu[2]. Karakteristik tersebut membuat *boost converter* digunakan untuk sistem MPPT, sebab ketika arus terputus maka tegangan yang terukur akan sama dengan tegangan rangkaian terbuka. Gambar rangkaian *boost converter* ditunjukkan oleh gambar 5. *Boost converter* bekerja dengan cara membuka dan menutup *switch* secara berkala.



Gambar 2. *Boost Converter*

$$D = \frac{V_s}{(1 - \dots)} \tag{1}$$

Keterangan:

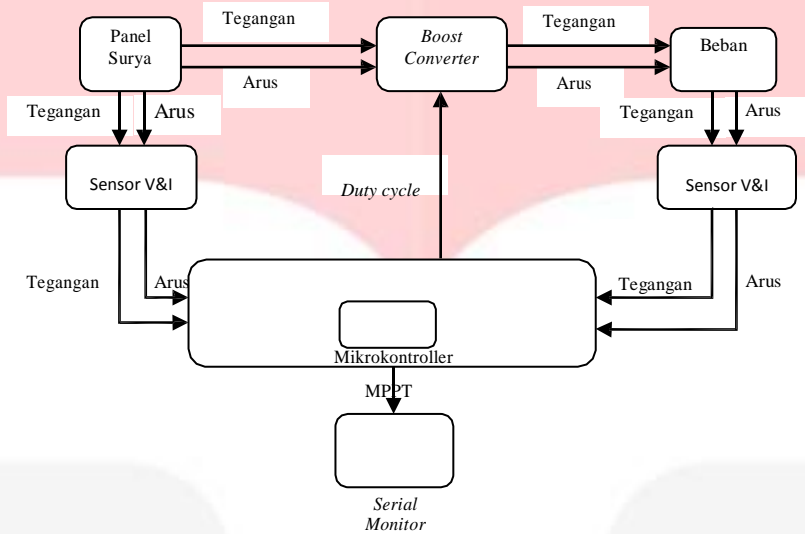
V_o = Tegangan *output*

V_s = Tegangan *input*

D = *Duty cycle*

3 Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Sistem ini merupakan sistem pengatur tegangan pada bagian output, input yang diberikan yaitu berasal dari energi matahari yang di konversi menjadi energi listrik oleh panel surya yang kemudian masuk ke *boost converter* dan juga ke *MPPT System*. Pada *boost converter* kita memerlukan masukan PWM dari mikrokontroller agar mengaktifkan MOSFET saklar on/off. Pada diagram blok diatas terdapat panel surya yang berfungsi menghasilkan energi listrik dari sinar matahari yang di serap. Output dari panel surya tersebut akan menghasilkan tegangan dan arus yang berubah-ubah tergantung dengan kondisi suhu, dan intensitas radiasi matahari (*irradiance*). Mikrokontroller berfungsi menerima input analog dari sensor tegangan dan arus, mengubahnya terlebih dahulu menjadi digital (*ADC Conversion*), kemudian diproses kedalam mikrokontroller Arduino Uno. Hasil dari mikrokontroller tersebut berupa sinyal PWM yang digunakan untuk switching MOSFET pada rangkaian *boost converter*.

3.2 Perancangan dan Pembuatan *Boost Converter*

Data parameter untuk mendesain *boost converter* diantaranya sebagai berikut.

$V_o = 30 \text{ V}$
$V_{in} = 17 \text{ V}$
$F = 62 \text{ kHz}$
$R = 66 \Omega$

V_{in} adalah tegangan masukan *boost converter* yang didapat dari panel surya yang memiliki spesifikasi V_{mp} =

Menentukan *duty cycle*:

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} = 1 - \frac{17}{30} = 0,43$$

Menentukan nilai *inductor continous current*.

$$D(1 - D)^2 R$$

$$L_{\min} = \frac{2f}{\dots} = 74 \mu\text{H}$$
$$L_{\min} = \frac{0,43(1 - 0,43)^2 66}{2 \times 62\text{K}}$$

$$I_L = \frac{V_i n}{(1-D)^2 R} = \frac{17}{(1-0,43)^2 66} = \frac{17}{21,44} = 0,8 \text{ A}$$

$$\Delta I_L = 1 \text{ A}$$

Induktansi minimal dicari agar kita dapat menentukan besar induktor minimal yang dapat dipakai dalam membuat *boost converter* ini agar arus yang melewati induktor tidak melebihi kapasitas induktor (induktor menjadi panas). Induktor minimal yang didapat adalah 74 μH , namun pada implementasinya memakai induktor 50 mH.

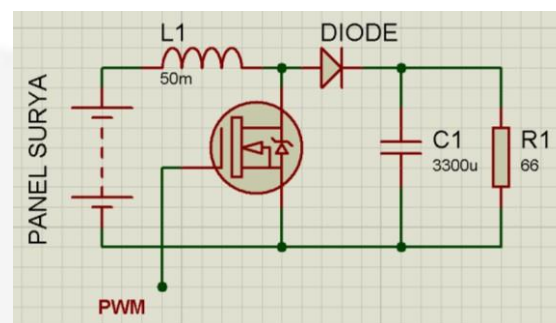
Menentukan nilai kapasitor: _____

$$C_{\min} = \frac{D}{R \left(\frac{\Delta V_o}{V_o} \right) f} = \frac{0,43}{66(0,005)(62\text{K})} = 0,2 \text{ uF}$$

Kapasitansi kapasitor minimal yang didapat adalah 0,2 μF , namun pada implementasinya memakai kapasitor 3300 μH .

Nilai dari hasil perhitungan diatas akan digunakan untuk merancang *boost converter*. Sehingga komponen yang digunakan adalah sebagai berikut.

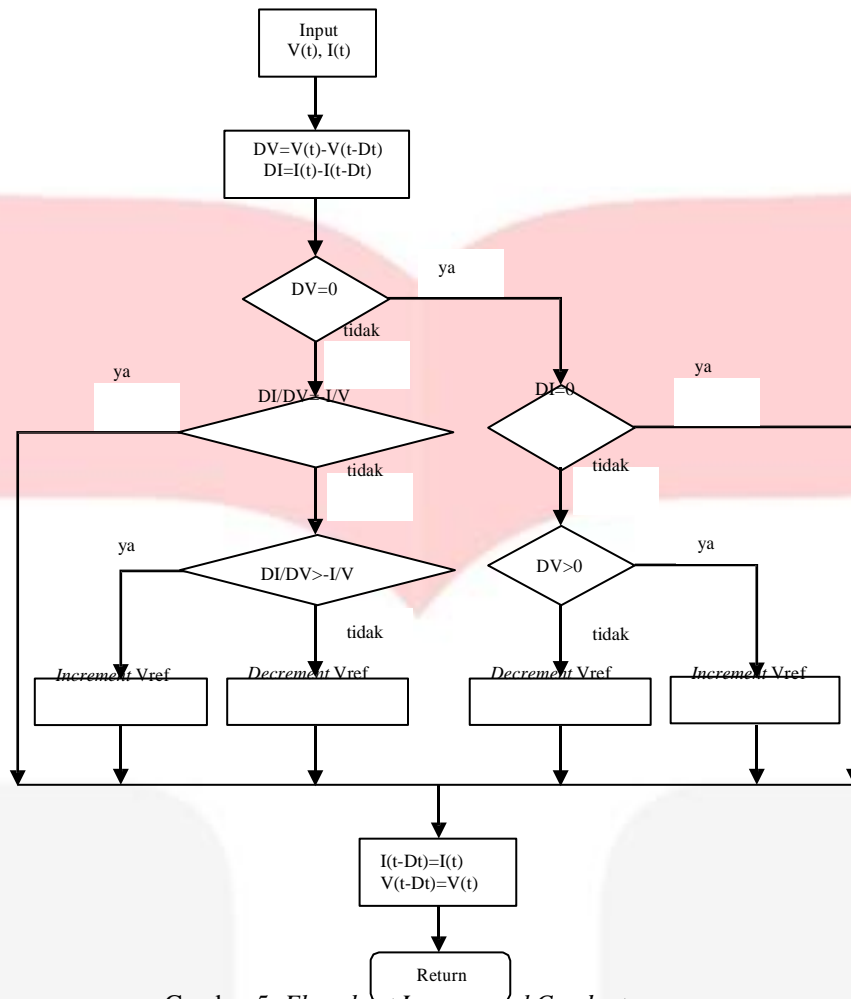
- MOSFET IRFP460.
- Induktor 50 mH.
- Kapasitor 3300 μF .
- Resistor tahu 66 Ohm.
- Dioda.
- Arduino UNO.



Gambar 4. Rangkaian *Boost Converter*

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini ditulis menggunakan bahasa pemrograman Arduino yang meliputi pembuatan PWM, sensor arus, sensor tegangan dan pemrograman algoritma MPPT *Incremental Conductance*. Berikut ini merupakan *flowchart* yang diprogram ke dalam Arduino UNO.



Gambar 5. Flowchart Incremental Conductance

Keterangan:

- Vt = Tegangan panel surya
- It = Arus panel surya
- V(t-Dt) = Tegangan panel surya sebelumnya
- I(t-Dt) = Arus panel surya sebelumnya
- Vo = Tegangan boost converter
- Io = Arus boost converter

4. Analisis Hasil Simulasi

4.1 Analisis Hasil Pengujian Kurva Karakteristik Panel Surya

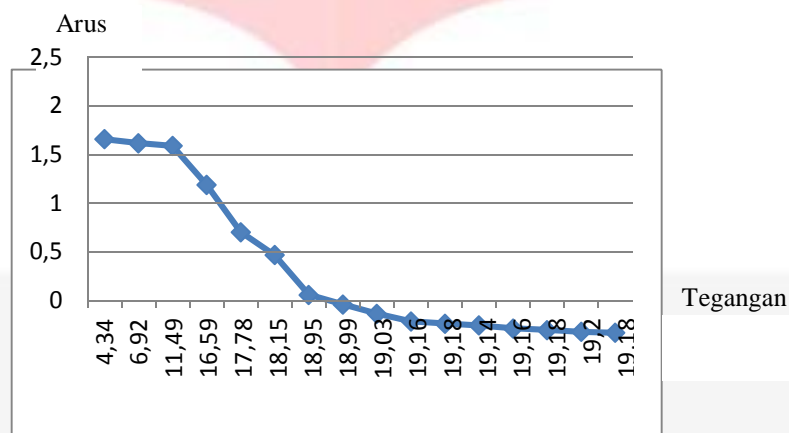
Perolehan data untuk karakteristik photovoltaic terdapat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Perolehan Data untuk Pembentukan Karakteristik Photovoltaic

R (Ω)	Tegangan (V)	Arus (A)	P (W)
2,06	4,34	2,091	9,075
3,3	6,92	2,05	14,186
5,6	11,49	2,022	23,233
10	16,59	1,622	26,909
15	17,78	1,136	20,198
20	18,15	0,901	16,353
39	18,95	0,492	9,323

47	18,99	0,393	7,463
62	19,03	0,298	5,671
86	19,16	0,22	4,215
96	19,18	0,197	3,778
116	19,14	0,178	3,407
129	19,16	0,147	2,817
145	19,18	0,131	2,513
168	19,2	0,113	2,170
183	19,18	0,103	1,976

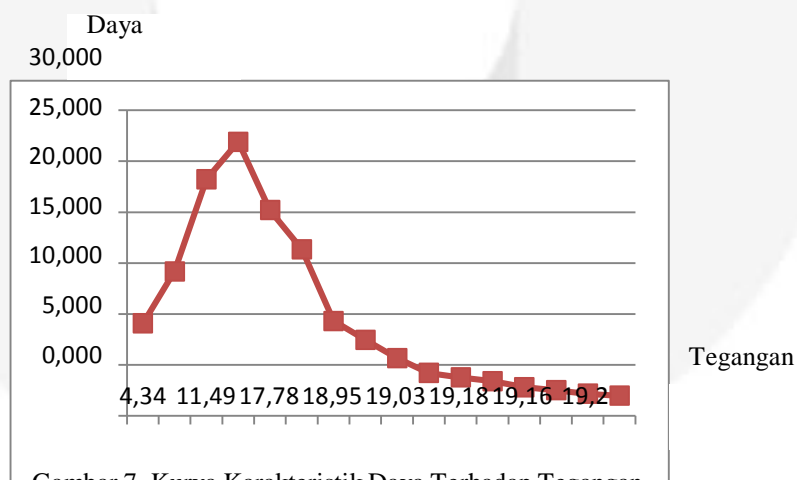
Pembentukan kurva karakteristik dilakukan dengan resistor yang berbeda – beda. Pada kurva karakteristik pertama yaitu kurva tegangan *photovoltaic* terhadap arus *photovoltaic*, didapat seperti Gambar 12 dibawah ini:



Gambar 6. Kurva Karakteristik Arus Terhadap Tegangan

Pada gambar 6 diatas, dapat dilihat bahwa grafik yang didapat dari hasil pengujian sudah sesuai dengan karakteristik *photovoltaic*, yaitu tegangan *photovoltaic* dan arus *photovoltaic* berbanding terbalik, saat tegangan *photovoltaic* yang dihasilkan nilainya kecil, maka arus yang didapat akan besar, dan sebaliknya, sampai diperoleh kurva karakteristik seperti gambar diatas.

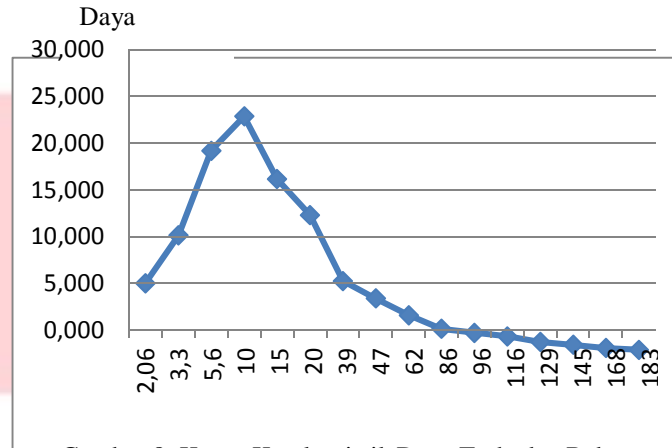
Pada kurva kedua, yaitu kurva antara tegangan *photovoltaic* dan daya *photovoltaic*. Daya *photovoltaic* didapat dari rumus $P=V \times I$. Karakteristik kedua dapat diamati pada gambar dibawah berikut:



Gambar 7. Kurva Karakteristik Daya Terhadap Tegangan

Pada gambar diatas, dapat diamati juga bahwa bentuk grafik yang didapat sudah sesuai dengan kurva karakteristik *photovoltaic* sesuai teori. Yaitu terdapat titik puncak, dan daerah dengan daya yang rendah.

Pada kurva terakhir yaitu kurva antara resistansi dan daya *photovoltaic*. Karakteristik ini digambarkan pada Gambar 8 dibawah ini:



Gambar 8. Kurva Karakteristik Daya Terhadap Beban

4.2 Analisis Hasil Pengujian *Boost Converter*

Tabel 2. Perolehan Data Pengujian *Boost Converter*

Duty Cycle	PWM	Vin (V)	Vout (V)	Pin (W)	Iin (A)	Iout (A)	Pout (W)	Effisiensi daya (%)
0,04	10	18,76	18,5	5,403	0,288	0,266	4,921	91,08
0,12	30	18,64	19,88	6,282	0,337	0,291	5,785	92,09
0,20	50	18,59	21,67	7,362	0,396	0,313	6,783	92,14
0,27	70	18,44	23,63	8,943	0,485	0,345	8,152	91,15
0,35	90	18,31	26,11	10,858	0,593	0,381	9,948	91,62
0,43	110	18,19	29,1	13,533	0,744	0,416	12,106	89,45
0,50	127	17,91	31,9	16,620	0,928	0,457	14,578	87,71

Pada Tabel 2 diatas, dapat diamati perubahan hasil keluaran yang diperoleh jika nilai *duty cycle* diubah – ubah. Pengujian dilakukan dengan beban resistor 66 ohm. Jika nilai *duty cycle* semakin mendekati nol, maka tegangan keluaran semakin mendekati nilai tegangan masukan yang didapat dari *photovoltaic*. Pada tabel diatas dapat diamati juga nilai arus output berubah secara linier dengan perubahan nilai *duty cycle*. Tegangan keluaran yang didapat dari *boost converter* sudah terbukti lebih besar dari tegangan masukan, dan arus keluaran lebih kecil dari arus masukan.

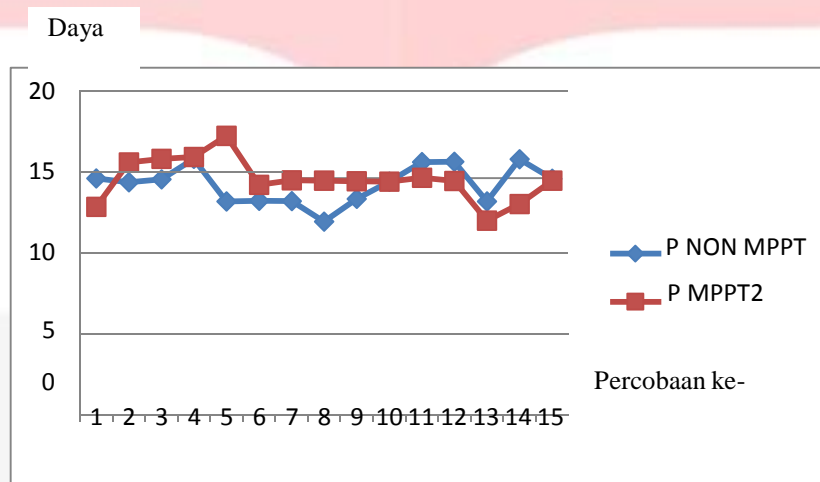
4.3 Analisis Hasil Pengujian Sistem MPPT

Tabel 3. Tabel Perbandingan MPPT dan NON MPPT

No.	P NON MPPT (WATT)	P MPPT (WATT)
1	14.98	13.23
2	14.76	15.97
3	14.93	16.20
4	16.20	16.31
5	13.56	17.62
6	13.60	14.60
7	13.58	14.88
8	12.32	14.86

9	13.73	14.81
10	14.79	14.79
11	15.99	15.03
12	16.02	14.84
13	13.56	12.38
14	16.18	13.40
15	14.96	14.86

Dari tabel 3. dapat kita simpulkan bahwa daya keluaran *boost converter* ketika diberi program MPPT *incremental conductance* telah lebih besar dibandingkan *boost converter* yang tidak diprogram MPPT. Dengan daya maksimum didapat pada percobaan ke-5 dengan daya 17,62 Watt. Sedangkan jika tidak diberi program MPPT, didapat daya maksimum 16,20 Watt pada percobaan ke-4.



Gambar 9. Kurva Perbandingan MPPT dan NON MPPT

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa desain dan implementasi sistem *maximum power point tracking* pada *photovoltaic* dengan metode *incremental conductance* ini didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada catu daya *driver* MOSFET TLP 250, catu daya minimal yang diberikan adalah sebesar 5 volt agar *driver* MOSFET dapat bekerja dengan baik.
2. *Boost converter* sudah dapat mengkonversi energi surya ke energi listrik dengan baik pada sistem MPPT metode *incremental conductance*.
3. Karakteristik *photovoltaic* dibentuk dengan menggunakan nilai resistor yang berbeda – beda. Agar dapat terbentuk dengan baik dibutuhkan resistor yang paling kecil (sekitar 1Ω - 3Ω) hingga yang besar (sekitar $100K\Omega$), untuk mendapatkan nilai arus yang mendekati *short circuit* dan nilai tegangan mendekati *open circuit*.

5.2 Saran

1. Dibutuhkan keakuratan sensor arus yang tepat agar dapat meminimalisasi error pada sistem MPPT.
2. Diperlukan resistor dengan nilai yang sesuai agar nilai efisiensi daya yang dihasilkan dari *boost converter* sesuai dengan yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hart, D. W. (1997). *Intoduction to Power Electronics*. New Jersey: Prentics-Hall.
- [2] Xiao, W., Dunford, W. G., Palmer, P. R., & Capel, A. (2007). Regulation of Photovoltaic Voltage. *Industrial Electronics, IEEE Transaction on*, 54 (3), 1265-1374.
- [3] G. Azad, S. Sridhar, K. Miroslav, "Power Optimization for Photovoltaic Micro-Converters using Multivariable Gradient-Based Extremum-Seeking," *San Diego State University*, 2011.