

## PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI MPPT *CHARGE CONTROLLER* PADA PANEL SURYA MENGGUNAKAN *MIKROKONTROLER* UNTUK PENGISIAN BATERAI SEPEDA LISTRIK

### DESIGN AND IMPLEMENTATION MPPT *CHARGE CONTROLLER* ON SOLAR PANEL USING MICROCONTROLLER FOR ELECTRIC BICYCLE'S BATTERY CHARGING

M.Harits Fadhilah<sup>1</sup>, Ekki Kurniawan, S.T., M.T.<sup>2</sup>, Unang Sunarya, S.T., M.T.<sup>3</sup>

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro

<sup>1</sup>harits.fadhilah@engineer.com, <sup>2</sup>ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>unangsunarya@telkomuniversity.ac.id

---

#### Abstrak

Salah satu sumber energi natural yang belum di gunakan secara maksimal adalah energi surya atau sinar matahari. Energi surya merupakan sumber energi *terbarukan* yang ketersediaannya tidak terbatas. Untuk mendapatkan energi listrik yang berasal dari matahari digunakan panel surya sehingga energi cahaya dari matahari dapat berubah menjadi energi listrik.

Sebuah panel surya, dalam aplikasinya masih memiliki kekurangan yakni memiliki efisiensi yang rendah. Faktor yang mempengaruhi output yang di hasilkan panel surya adalah besarnya intensitas cahaya matahari dan suhu kerja panel surya. *Maximum power point* (MPP) adalah sebuah poin atau titik dalam kurva V-I atau kurva V-P di panel surya dimana pada titik ini, panel surya bekerja dalam efisiensi maksimum dan mengeluarkan daya keluaran yang paling besar.

Pada penelitian ini Algoritma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) digunakan untuk mencari MPP dan membuat titik kerja panel surya akan berada selalu di area MPP. Hasil dari penelitian didapat sebuah *charge controller* berbasis *mikrokontroler* dengan MPPT yang bisa mengoptimalkan kinerja panel surya dengan kenaikan daya sebesar 0.47% dibandingkan dengan system yang tidak menggunakan MPPT .

**Kata Kunci :** Panel surya, *Maximum power point*, *Maximum Power Point Tracking*, *Mikrokontroler*.

---

#### Abstract

One source of natural energy yet hasn't used to its maximum potential is solar energy or sun. Solar energy is a renewable energy source which has unlimited supply. In order to gain electricity energy from the sun, solar panels are used to transform the sun light energy into electrical energy.

A solar panel, in its application still lacks in its efficiency. The factors affecting the output of solar panels are the intensity of sunlight and the temperature of the solar panels. *Maximum power point* (MPP) is a V-I curve or V-P curve in solar panels where at this point the solar panels work in its maximum efficiency and generate the its greatest power output.

In this research, *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) algorithm will be used to find the MPP and make the solar panels output will always be in the MPP area. The result is a *charge controller* based with microcontroller was build, that can increase the solar panel power optimization to 0.47% compare to a system which not using MPPT.

**Key Word :** Solar Panel, *Maximum power point*, *Maximum Power Point Tracking*, *Microcontroller*.

---

#### 1. Pendahuluan

Populasi di dunia terus bertambah setiap harinya dan permintaan kebutuhan energi semakin meningkat untuk menyesuaikan. Minyak bumi dan batu bara yang di gunakan sebagai sumber energi saat ini, diperkirakan ketersediaannya akan semakin menipis dan akan habis. Hal ini akan menjadi masalah yang serius dalam menyediakan energi yang cukup ke populasi manusia yang ada. Salah satu sumber energi yang dapat menjadi solusi alternatif kepada kondisi diatas ialah pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan panel surya yang dapat mengubah energi matahari tersebut menjadi energi listrik. Teknologi ini yang selanjutnya disebut dengan *solar cell*.

Namun *Solar cell* dalam pengaplikasiannya secara konvensional memiliki banyak kekurangan terutama pada efisiensi keluarannya yang terbilang rendah. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan karakteristik panel surya dan beban. Selain itu ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, dimana kondisi intensitas cahaya matahari yang selalu berubah ubah. Ketika cahaya matahari meredup, arus keluaran panel

surya bisa *drop* secara drastis, sehingga daya keluarannya tidak di gunakan secara maksimal. Oleh karena itu diperlukan sebuah sistem yang dapat menstabilkan daya keluaran dari panel surya tersebut.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Panel Surya

Panel surya atau solar panel merupakan sebuah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya terdiri dari rangkaian sel surya yang di susun secara seri atau paralel. Sel surya atau juga yang di sebut sel *photovoltaics* memiliki bahan silikon yang dapat menghasilkan arus listrik dan tegangan listrik jika di sinari cahaya. Cahaya dirubah menjadi listrik melalui proses aliran-aliran elektron negatif dan positif di dalam sel surya karena ada perbedaan elektron, dari proses pergerakan elektron tersebut sel surya akan menghasilkan listrik DC. Sebuah sel surya menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi dapat di katakan sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel surya.

### 2.2. Maximum Power Point Tracking(MPPT)

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) adalah sebuah metode yang di gunakan pada *charge controller* pada sistem pembangkit listrik turbin angin dan sistem solar untuk memaksimalkan daya tegangan yang di keluarkan dari sumbernya. MPPT mengkonversi keluaran tegangan DC yang lebih tinggi dari panel surya ke level tegangan yang lebih rendah yang di butuhkan untuk mengisi baterai. MPPT bekerja dengan cara melihat keluaran dari panel surya dan membandingkannya dengan tegangan baterai, kemudian *kontroler* akan memutuskan berapa level tegangan yang paling optimal untuk mengisi baterai. Hasil keluaran yang sebenarnya dapat bervariasi tergantung dari cuaca, suhu, dan lain-lain.

### 2.3. DC to DC Converter

DC to DC Converter adalah rangkaian elektronik yang mengkonversikan tegangan DC dari level tertentu ke level yang lain. Biasanya DC to DC Converter di gunakan untuk mengimplementasikan kontrol arus dan tegangan pada keluaran panel surya. Contohnya buck-boost converter yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan keluaran.

#### 2.3.1. Boost Converter

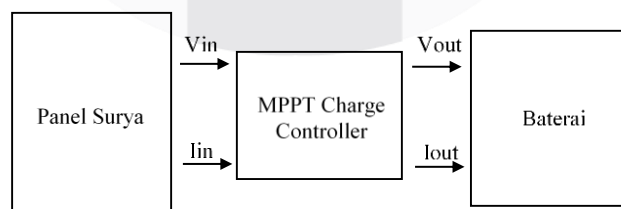
*Boost Converter* adalah rangkaian yang menghasilkan nilai tegangan keluaran lebih tinggi daripada nilai tegangan masukan. Daya masukan pada proses *DC-DC converter* berasal dari sumber daya DC yang biasanya memiliki nilai tegangan tetap. Nilai tegangan pada keluaran bergantung pada proses *switch* yaitu dengan adanya kondisi waktu *on* dan waktu *off*. Rangkaian *boost converter* terdiri atas induktor, kapasitor dan saklar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8 berikut.

### 2.4. Baterai

Baterai adalah sebuah perangkat elektrokimia yang dapat merubah energi kimia di dalamnya menjadi energi listrik. Terdapat dua jenis baterai, yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer adalah baterai sekali pakai yang jika sudah habis pemakaian kapasitasnya tidak dapat di isi kembali. Baterai sekunder adalah baterai yang dapat di isi ulang dan di gunakan berulang ulang.

## 3. Perancangan Sistem

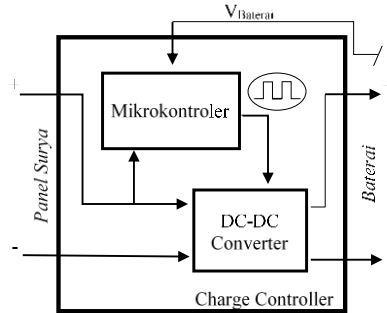
Secara umum desain sistem panel surya yang terhubung dengan sistem MPPT ke beban ditunjukkan blok diagram dibawah ini.



Gambar 3.1. Blok diagram sistem

Pada saat modul surya terkena cahaya matahari, maka sel surya akan merubah cahaya matahari menjadi listrik searah (DC). Kemudian tegangan yang dihasilkan dari panel surya akan masuk kedalam *control charger* terlebih dahulu sebelum masuk langsung ke baterai.

Dalam sistem ini perangkat keras yang digunakan terdiri dari Panel surya, minimum sistem *Mikrokontroler* Arduini Nano, DC to DC Converter dan baterai. Pada perangkat keras elektronika *kontroler* utama di bagian *control charger* terdapat *Mikrokontroler* Arduino Nano dan DC to DC Converter sebagai partikel utama.

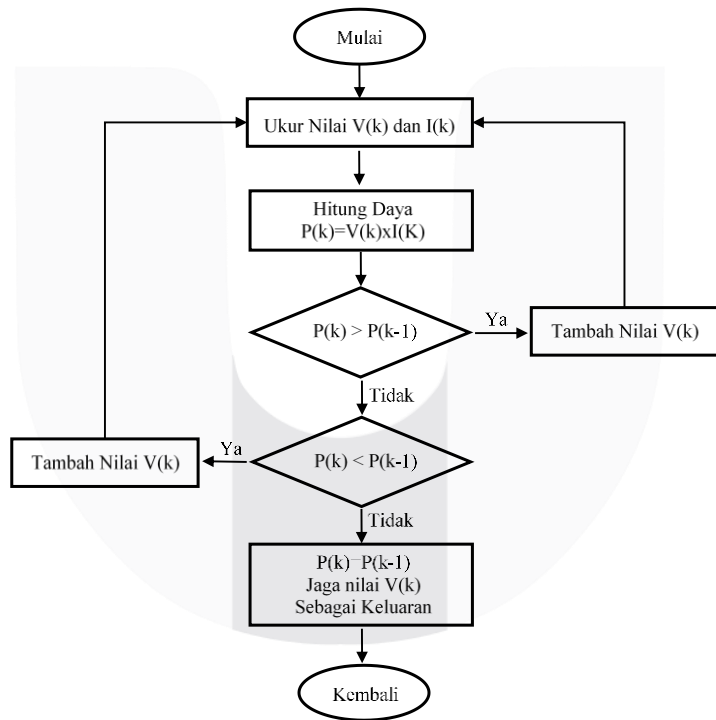


Gambar 3.2. Diagram sistem charge controller

Tegangan dan arus yang masuk dari panel surya akan masuk ke DC-DC *converter* sebelum masuk ke beban. Namun informasi tegangan dan arus juga masuk ke *mikrokontroler* untuk dikalkulasikan sesuai algoritma MPPT yang telah ditentukan agar cocok dengan kondisi tegangan baterai yang juga telah diketahui oleh *mikrokontroler*. Sistem bekerja secara *realtime*, dimana setiap ada perubahan parameter maka *mikrokontroler* akan mengalkulasikan *setingan* baru agar keluaran dari panel surya tetap berada di posisi titik maksimum (MPP).

**3.1. Perancangan MPPT**

Metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) digunakan untuk mencari titik daya maksimum (MPP). Dan algoritma yang di gunakan adalah algoritma *Perturb and Observe Method* atau biasa di kenal dengan nama lainnya *Hill-Climbing algorithm*. Pada metode ini *kontroler* mengatur parameter tegangan sedikit demi sedikit lalu mengukur besarnya daya pada tegangan tersebut. Jika daya naik, maka tegangan akan terus ditambah parameternya sampai nilai daya tidak naik lagi dan juga tidak turun. (sesuai dengan kurva I-V terhadap kurva daya).



Gambar 3.3. Diagram alir MPPT

Pada saat sistem dijalankan, dalam kondisi mulai *mikrokontroler* memeriksa tegangan  $V(k)$  dan arus  $I(k)$  pada waktu tersebut. Dari kedua nilai tersebut maka di dapat nilai daya  $P(k)$ . Selanjutnya nilai  $P(k)$  akan dibandingkan dengan nilai daya selanjutnya  $P(k+1)$ . Jika nilai daya  $P(k)$  saat ini lebih besar dari nilai daya sebelumnya  $P(k-1)$  maka akan dilakukan nilai penambahan ke nilai tegangan  $V(k)$  dan proses diulang kembali dari mulai. Jika nilai daya  $P(k)$  saat ini lebih kecil dari nilai daya sebelumnya  $P(k-1)$  maka akan dilakukan pengurangan nilai tegangan  $V(k)$  dan proses diulang kembali dari mulai. Proses akan terus dilakukan sampai nilai daya saat ini  $P(k)$  sama dengan nilai daya sebelumnya  $P(k-1)$  dan tegangan  $V(k)$  pada kondisi saat ini yang di jadikan keluaran.

**4. Pengujian Dan Analisis**

**4.1. Pengujian Sinyal PWM Dari Arduino Nano dan Driver Mosfet TLP250**

Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa sinyal yang di keluarkan oleh Arduino Nano dan sinyal pwm yang di keluarkan dari driver mosfet TLP250 memiliki duty cycle yang sama. Dan sinyal pwm yang di hasil kan oleh driver mosfet TLP250 memiliki tegangan yang lebih tinggi agat dapat mengirim sinyalnya ke boost converter.



Gambar 4.1. (a) Sinyal pwm yang di dihasilkan Arduino Nano dengan duty cycle sebesar 70% Dan (b) sinyal pwm yang di dihasilkan driver mosfet TLP250 dengan duty cycle sebesar 70%

**4.2. Pengujian Sensor Tegangan**

Pengujian sensor tegangan dilakukan untuk menguji pembacaan sensor tegangan yang digunakan dan dibandingkan dengan pembacaan pada multimeter. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali, percobaan menggunakan tegangan masukan dari power supply yang dirubah-ubah nilainya.

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian ke-	Power-supply (V)	Sensor (V)	$\Delta$ Error (V)	Error (%)
1	5.14	5.7	0.56	10.8
2	7.42	7.26	0.16	2.15
3	10.43	10.15	0.28	2.6
4	12.61	12.45	0.16	1.2
5	15.56	15.43	0.13	0.8
6	17.2	17.05	0.15	0.8
7	18.52	18.36	0.16	0.86
8	21.8	21.66	0.14	0.64
9	22.82	22.69	0.13	0.56
10	26.18	26.12	0.06	0.22
Rata-rata			0.19	2.06

Hasil pengujian pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa error yang dihasilkan pengukuran sensor tegangan terhadap pembacaan power-supply sebesar 0.0008%. Kurva pada gambar 4.1 menunjukan bahwa bahwa pembacaan tegangan antara sensor tegangan dengan power-supply memiliki tingkat akurasi yang cukup baik.

**4.3. Pengujian Sensor Arus**

Pengujian sensor arus di lakukan untuk melihat performansi sensor arus ACS712 dan memastikan ke akurasiannya dengan pembacaan arus menggunakan multimeter. Pegujian di lakukan menggunakan tegangan masukan dari power supply yang di ubah-ubah tegangannya dan di pasangkan dengan beban fixed sebesar 20 $\Omega$ .

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Sensor Arus

Pengujian Ke-	Tegangan (V)	Multimeter (A)	Sensor (A)	$\Delta$ Error (I)	Error (%)
1	2.8	0.14	0.14	0	0

2	4.8	0.24	0.24	0	0
3	6.6	0.33	0.32	0.01	3.03
4	8.4	0.42	0.41	0.01	2.38
5	11	0.55	0.53	0.02	3.6
6	13.4	0.67	0.67	0	0
7	15.4	0.77	0.76	0.01	1.29
8	16.4	0.82	0.81	0.01	1.2
9	18.4	0.92	0.92	0	0
10	20.4	1.02	1.02	0	0
Rata-rata				0.01	1.15

Nilai eror dari pembacaan arus dengan modul sensor ACS712 dapat dikategorikan cukup bagus dengan persentase eror sebesar 1.17%.

#### 4.4. Pengujian Boost Converter

Pengujian boost converter dilakukan untuk mengetahui hasil keluaran dari boost converter dan membandingkan hasil keluaran tersebut dengan hasil keluaran secara teoritis. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan konstan sebesar 5v sebagai inputan dan beban fixed sebesar 20 $\Omega$  kemudian nilai pwm yang diberikan akan diubah-ubah secara bertahap.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian rangkaian boost converter

<i>PWM</i>	Duty-cycle (%)	Vin (V)	Vout (V)	Vout Simulasi (V)	Kenaikan Tegangan (%)	Kenaikan Tegangan Simulasi (%)	$\Delta Error$ Vout-Vout Simulasi (V)	Error Vout-Vout Simulasi (%)
11	4.3	5	4.92	4.03	-1.6	-19.4	0.89	22.1
22	8.7	5	4.98	4.20	-0.4	-16	0.78	18.6
34	13.4	5	5.23	4.39	4.6	-12.2	0.84	19.1
38	15	5	5.33	4.46	6.6	-10.8	0.87	19.5
55	21.6	5	5.73	4.84	14.6	-3.2	0.89	18.4
78	31	5	6.46	6.07	29.2	21.4	0.39	6.4
90	35	5	6.87	6.72	37.4	34.4	0.15	2.2
102	40	5	7.73	7.37	54.6	47.4	0.36	4.9
115	45	5	7.84	8.04	56.8	60.8	0.2	2.5
128	50	5	8.48	8.72	69.6	74.4	0.24	2.8
Rata Rata					27.14	17.68	0.561	11.65

Rata-rata nilai efisiensi dari boost converter yang dirancang sebesar 90.97% bisa dapat dikategorikan cukup bagus.

#### 4.5. Pengujian Karakteristik Panel Surya

Pengujian karakteristik panel surya dilakukan untuk melihat nilai keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya. Panel surya yang digunakan adalah panel surya flexible 100W, dengan tegangan maksimal 18V dan arus maksimal 5,55A. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban ke output panel surya dengan nilai yang berbeda-beda kemudian diukur tegangan dan arus yang keluar. Pengujian dilakukan sore hari pada pukul 16:00.

Tabel 4.4. Data Karakteristik Panel Surya

Resistansi ( $\Omega$ )	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10	4.4	0.43	1.892
12	5.2	0.43	2.236

18	7.4	0.4	2.96
22	8.45	0.38	3.211
27	9.6	0.3	2.88
47	13.3	0.27	3.591
68	15.5	0.22	3.41

Dari data hasil pengujian yang telah dilakukan. Kurva karakteristik tegangan dan arus panel surya semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh panel surya maka arus yang di hasilkan akan semakin mendekati nol.

#### 4.6. Pengujian Daya Dari Panel Surya Tanpa Menggunakan Sistem MPPT Dan Dengan Menggunakan Sistem MPPT

Pada bagian ini akan membahas mengenai pengujian *MPPT* pada pengimplementasian rangkaian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem *MPPT* yang telah di buat dan melihat efisiensi daya keluaran dari panel surya yang menggunakan sistem *MPPT* dan di bandingkan dengan yang tidak menggunakan sistem *MPPT*.

Tabel 4.5. Data perolehan daya sistem yang tidak menggunakan *MPPT* pengujian 1

Time (s)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	35.52	0.06	2.13
2	35.55	0.07	2.48
3	35.56	0.08	1.778
4	35.57	0.09	3.2
5	35.58	0.14	4.98
6	35.59	0.25	8.89
7	35.60	0.60	21.36
8	35.60	0.714	25.41
9	35.63	0.01	0.35
10	35.68	0.05	1.784
Rata-Rata			7.23

Tabel 4.6. Data perolehan daya sistem yang menggunakan *MPPT*

	Iin	Vin	Pin	Iout	Vout	Pout
1	0.07	35.1	2.58	0.08	38.05	3.37
2	0.16	35.50	5.86	0.081	38.49	3.15
3	0.104	35.27	3.678	0.017	38.2	0.678
4	0.2	35.25	7.13	0.105	38.17	4.02
5	0.05	35.34	2.1	0.1	38.04	5.7
6	0.3	35.35	13.01	0.2	38.25	9.9
7	0.69	35.55	24.74	0.5	38.54	22.03
8	0.8	35.55	28.79	0.67	38.54	26.08
9	0.13	35.84	4.84	0.03	38.49	1.16
10	0.18	35.55	6.564	0.06	38.14	2.504
Rata-Rata			17.75			10.65

Dari tabel 4.5 dan 4.6 dapat dilihat bahwa daya keluaran yang dihasilkan oleh panel surya yang dihubungkan dengan sistem *MPPT* menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan panel surya yang tidak menggunakan *MPPT*. Efisiensi daya keluaran *MPPT* dengan non *MPPT* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{(Daya_{MPPT} - Daya_{non-MPPT})}{Daya_{non-MPPT}} \times 100\%$$

Hasil perhitungan persamaan diatas menunjukan bahwa efisiensi daya keluaran panel surya menggunakan sistem *MPPT* naik sebesar 0.47% dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan *MPPT*.

## 5. Kesimpulan Dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari pengujian dan analisa desain dan implementasi sistem *Maximum Power Point Tracking* pada solar panel ini maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil simulasi *boost converter* menggunakan *software* simulasi *Proteus dutycycle* minimal adalah 24% dan *dutycycle* maksimal yang dapat diberikan adalah 94%
2. Hasil pengujian sensor tegangan menunjukkan keakuratan sensor tegangan dengan nilai rata-rata *error* sebesar 2.06%.
3. Setelah melakukan pengujian pada sensor arus didapat tingkat keakuratan sensor dengan nilai *error* rata-rata sebesar 1.15%. Nilai keakuratan ini dapat di kategorikan cukup bagus.
4. Dari data hasil pengujian *boost converter* yang di rancang, terdapat *error* perbedaan sebesar 53,5% pada peningkatan tegangan yang dihasilkan *boost converter* dari pengujian nyata dan pengujian simulasi. Dan pada hasil tegangan yang dihasilkan oleh *boost converter* itu sendiri , terdapat perbedaan *error* sebesar 11.65% pada pengujian nyata dan pengujian simulasi.
5. Hasil pengujian keluaran daya dengan *MPPT* dan *non-MPPT* menunjukkan efisiensi daya *MPPT* meningkat sebesar 0.47% dibandingkan dengan system yang tidak menggunakan *MPPT*.

### 5.2. Saran

Pada perancangan tugas akhir ini terdapat beberapa hal yang dapat di kembangkan lebih lanjut, yaitu :

1. Diperlukan untuk menggunakan sensor arus yang dapat membaca keakuratan yang lebih presisi dan dapat membaca arus dalam nilai yang sangat kecil untuk mengurangi nilai *error* yang terdapat pada perhitungan nilai daya.
2. Juga di perlukan penggunaan sensor tegangan yang memiliki tingkat ketepatan yang lebih baik agar dalam proses penghitungan menjadi lebih akurat.
3. Lebih baik menggunakan PCB cetak yang didesain sesuai dengan rangkaian untuk meningkatkan efisiensi dan juga mengurangi *error* dan *noise* dari penggunaan *jumper* dan pcb bolong.

### Daftar Pustaka

- [1] M. Ary Heryanto, Wisnu Adi P., Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATMEGA8535. Yogyakarta: ANDI, 2008
- [2] Richard H., How do solar panel work?. New York: Chelsea Clubhouse, 2010.
- [3] John B, Michael S, Nicole B.N., Introduction to Photovoltaic System Design. Burlington: Jones & Barlett learning, 2013.
- [4] Adel S.S., Kenneth C.S., Microelectronic Circuit fifth edition. New York: Oxford University Press,inc., 2004.
- [5] Vasca F., Lannelli L. Dynamics and Control of Switched Electronic Systems: Advanced Perspectives for Modeling, Simulation and Control of Power Converters. London: Springer, 2012
- [6] H.N. Zainudin, S. Mekhilef., "Comparation study of Maximum Power Point Tracker Techniques for PV system." Presented at 14th International Middle East Power Systems Conference, Cairo, Egypt, 2010.
- [7] Wikipedia. (undated). Maximum Power Point Tracking. [Online]. Viewed 2016 february 24. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum\\_power\\_point\\_tracking](https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking)
- [8] Aslimeri, dkk. 2008. Teknik Transmisi Tenaga Listrik. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [9] Arduino, Arduino Nano, <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardNano>. Diakses tanggal 20 September 2016
- [10] M.A Elgendy, B.Zahawi, D.J Atkinson. 2012. "Evaluation of Perturb and Observe MPPT Algorithm Implementation Techniques", The Institution of Engineering and Technology (IET).