

PENGUNAAN MIKROKONTROLER UNTUK MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) SEL SURYA 50 WATT PADA POMPA AIR DC

MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) SOLAR CELLS 50 WATT ON DC WATER PUMP USING MICROCONTROLLER

Reza Aristyo Pramudita¹, Ekki Kurniawan², Ig.Prasetya Dwi Wibawa³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹rezaaristyo@students.telkomuniversity.ac.id, ²ekkykurniawan@telkomuniversity.ac.id,

³prasdwibawa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan suatu sistem yang memanfaatkan energi cahaya matahari diubah menjadi energi listrik. Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan sel surya atau photovoltaic untuk menerima energi cahaya dan diubah menjadi energi listrik menggunakan efek fotoelektrik. Daya yang dihasilkan sel surya tergantung dari temperature dan iradiasi dari sinar matahari. Agar penggunaan panel surya dapat bekerja lebih efisien maka dilakukan penelitian tentang sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).

Sistem MPPT adalah sistem elektronik yang mencari titik kerja maksimal pada *photovoltaic* agar dapat menghasilkan daya yang maksimal. Perancangan sistem ini menggunakan *buck converter* sebagai alat untuk menurunkan tegangan karena beban yang digunakan pompa air dc 12v. MPPT ini mempunyai algoritma yang akan diprogram di mikrokontroler ATmega8535 yang berfungsi untuk mencari nilai titik daya maksimal *photovoltaic*. *Photovoltaic* merupakan sumber dari sistem. Algoritma yang digunakan yaitu metode *Perturb & Observe* (P&O).

Hasil dari penelitian ini adalah nilai daya yang di hasilkan dari sistem MPPT lebih besar di banding dengan non-MPPT, dan keluaran air dari pompa air motor dc 12V meningkat sebesar 733mL/menit.

Kata kunci : *Photovoltaic, Maximum Power Point Tracking, Buck Converter, Mikrokontroler ATmega8535*

Abstract

Solar power plant is a system that harnesses the Sun's light energy is converted into electrical energy. Solar power plant using solar cell or photovoltaic energy to receive the light and converted into electrical energy using the photoelectric effect. The power generated from the solar cells depends on the temperature and irradiation of sunlight. In order to make use of the solar panels can work more efficiently then conducted research about the system of Maximum Power Point Tracking (MPPT).

MPPT system is an electronic system that seek maximal work point on photovoltaics in order to generate maximum power. The design of this system using a buck converter as a device to lower voltage due to a load of used water pump 12v dc. MPPT had an algorithm. This MPPT algorithm will be programmed in microcontroller ATmega8535 which serves to find the value of the maximum power point of photovoltaics. Photovoltaics is a source from the system. Algorithms that use Perturb & Observe method (P&O).

Results from this study is the value of which is derived from a larger MPPT system in the appeal to non – MPPT, and output of water from water pump 12V dc motor increased by 733mL/min.

Keywords: *Photovoltaics, Maximum Power Point Tracking, Buck Converter, Microcontroller ATmega8535*

1. Pendahuluan

Pada zaman sekarang ini energi listrik merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk melakukan kegiatan sehari-hari. setiap tahun jumlah penduduk bertambah sehingga penggunaan energi listrik pun bertambah. Dengan memanfaatkan energi matahari merupakan salah satu cara untuk mendapatkan/menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit yang memakai panel surya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik.

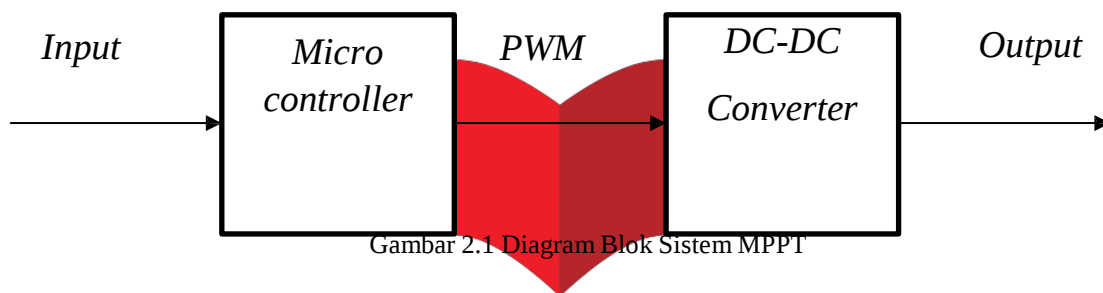
Pembangkit listrik tenaga surya menjadi semakin penting dan populer, karena banyak kelebihan-kelebihannya di banding dengan sumber daya yang baru lainnya, seperti tidak membutuhkan bahan bakar minyak atau gas, biaya pemeliharaannya yang relatif rendah dan hampir tidak ada polusi yang suara yang di hasilkan. Selain itu pembangkit listrik tenaga surya juga bisa digunakan untuk daerah yang masih sulit mendapatkan listrik.

Pembangkit listrik tenaga surya menggunakan *photovoltaic* sebagai penghasil listrik. Daya yang dihasilkan oleh *photovoltaic* ini di tentukan oleh intensitas cahaya, temperatur matahari dan faktor geografis (*logitude* dan *latitude*) dari suatu daerah. Oleh karena itu sumber daya yang di hasilkan tergantung dari intensitas dan temperatur dari cahaya matahari, maka di butuhkan sistem kontrol yang mampu melacak titik daya maksimum dari PV, sistem tersebut adalah MPPT (*Maksimum Power Point Tracking*).

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Blok Diagram Sistem

Secara umum blok diagram dari Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Blok Sistem MPPT

Dalam diagram blok diatas *input* yang digunakan adalah panel surya. Kemudian panel surya akan mengalirkan arus dan tegangan dan ke mikrokontroler untuk di proses dalam algoritma dan di lanjutkan ke *dc-dc converter*. *Dc-dc converter* yang akan digunakan adalah *buck converter*, mikrokontroler yang digunakan adalah sitem minimum atmega8535 dan algoritma yang digunakan adalah *Perturb & Observe* (P&O). Tegangan dan arus yang masuk ke mikrokontroler digunakan untuk mendeteksi daya yang dihasilkan oleh panel surya dan di gunakan algoritma P&O untuk mencari nilai maksimum yang dapat di hasilkan oleh panel surya. Algoritma P&O mempunyai 2 sampel yang saling membandingkan, dimana nilai dari 2 sampel tersebut sangat dinamis berubah sesuai dengan nilai sebelumnya. Algoritma P&O akan menghasilkan keluaran berupa PWM. PWM berfungsi sebagai switch pada *buck converter* untuk mengatur nilai tegangan keluaran dari *buck converter*. Kemudian *buck converter* akan mengalirkan arus dan tegangan ke *output*. *Output* yang digunakan adalah pompa air motor dc 12V.

2.2 Perancangan Buck Converter

Buck converter bekerja dengan 2 kondisi yaitu kondisi *switch on* dan *switch off*. *Buck converter* memakai *switch* yang berupa semikonduktor yaitu *switch* bekerja *on* dan *off* secara periodik. Setiap 1 periode adalah waktu yang di butuhkan *switch* untuk 1 kali *on* dan 1 kali *off*. Perbandingan antara *switch on* dengan total 1 periode disebut *duty cycle*. *Buck converter* menurunkan tegangan dengan memanfaatkan *charge* dan *discharge* yang terjadi pada induktor. Secara umum konfigurasi *buck converter* memiliki V_{in} sebagai sumber, FET sebagai *switch*, dioda sebagai penyearah, induktor sebagai komponen utama *charge* dan *discharge*, kapasitor memperhalus tegangan output yang dihasilkan, dan beban sebagai *matching impedansi*.

Parameter untuk mendesai *buck converter* diantaranya sebagai berikut :

Parameter	Nilai
P	50 W
V_{in}	20 V
V_{out}	12V
F	40 Khz
R	4Ω

Menentukan *Duty Cycle* :

$$D = \frac{V_o}{V_i}$$

$$= \frac{12}{20}$$

$$= 0.6$$

Menentukan nilai induktor untuk *continuous current* :

$$L_{min} = \frac{(1 - D) \times V_i}{2f}$$

$$= \frac{(1 - 0.6) \times 4}{2 \times 40k}$$

$$= 20\mu H$$

Untuk membuat desain *buck converter* ini nilai konduktor dibuat 25% lebih besar dari L_{min} :

$$L = 1,25 \times L_{min}$$

$$= 1,25 \times 20\mu H$$

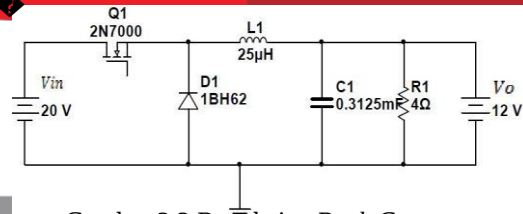
$$= 25\mu H$$

Menentukan nilai kapasitor :

$$C = \frac{1}{8 \times \Delta V_o \times (1 - D)^2 \times f}$$

$$= \frac{1}{8 \times 20\mu H \times 0,005 \times 40k}$$

$$= 3.125 \times 10^{-4} F = 0.3125mF$$



Gambar 2.2 Rangkaian *Buck Converter*

Nilai frekuensi = 40kHz maka nilai T:

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{43.3kHz}$$

$$T = 23.1\mu s$$

Nilai duty cycle = 60% sehingga nilai ton dan toff:

$$t_{on} = 0.6 \times 23.1\mu s$$

$$= 13.98\mu s$$

$$t_{off} = 0.6 \times 23.1\mu s$$

$$= 0.6 \times 23.1\mu s$$

Kondisi *switch on*

Yang terjadi pada *switch on*:

$$V_L = V_i - V_o$$

$$= 20 - 12$$

$$= 8V$$

Maka arus yang melewati induktor (*inductor charge*):

$$L \frac{di}{dt} = V_L$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V}{L}$$

$$di = \frac{V}{L} dt$$

$$i = \frac{V}{L} t$$

$$i = \frac{8V}{25} = 13.98$$

$$i = 4.4736 A$$

Artinya selama kondisi *switch on*, induktor akan *men-charge* sampai arus maksimal 4.4736 A.

Kondisi *switch off*

Pada saat peralihan *switch* dari kondisi *on* ke kondisi *off*, induktor sudah menyimpan arus sebesar 4.4736 A sehingga yang terjadi pada kondisi *off*:

$$V_L = -V$$

$$= -12 V$$

Maka arus yang melewati induktor (*inductor discharge*):

$$L \frac{di}{dt} = V$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V}{L}$$

$$di = \frac{V}{L} dt$$

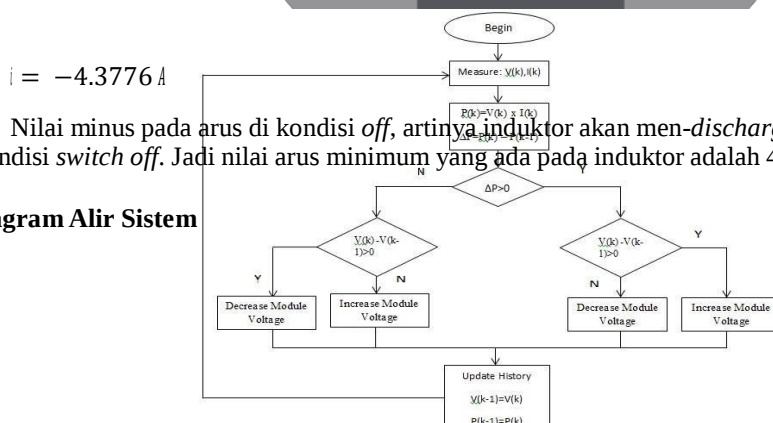
$$i = \frac{V}{L} t$$

$$i = \frac{-12 V}{25} = -9.12$$

$$i = -4.3776 A$$

Nilai minus pada arus di kondisi *off*, artinya induktor akan *men-discharge* arus sebesar 4.3776 A selama kondisi *switch off*. Jadi nilai arus minimum yang ada pada induktor adalah $4.4736A - 4.3776A = 0.096A$.

2.3 Diagram Alir Sistem



Gambar 2.3 Diagram Alir Sistem MPPT Metode *Perturb & Observe* (P&O)

Penjelasan dari tahapan algoritma gambar 2.3 adalah sebagai berikut:

1. Algoritma di mulai dengan melakukan inisialiasi variabel-variabel yang di perlukan. Pada bagian ini algorima yang di butuhkan adalah tegangan (V), arus (A), dan daya(P).
2. Ketika panel surya memberikan tegangan dan arus ke sistem, algoritma akan membaca nilai tegangan dan arus yang masuk diperoleh dari sensor tegangan dan arus.
3. Setelah mendapatkan nilai tegangan dan arus, kemudian menghitung nilai daya sekarang $P(t) = V(t) \times I(t)$.
4. Besar daya yang sekarang ($P(t)$) akan dibandingkan dengan daya yang sebelumnya ($P(t)$) dan di lanjutkan dengan membandingkan nilai tegangan sekarang ($V(t)$) dengan nilai tegangan sebelumnya ($V(t-1)$).
 - a. Ketika $P(t)$ lebih besar dari $P(t-1)$, maka akan membandingkan $V(t)$ dengan $V(t-1)$. Jika $V(t)$ lebih besar dari $V(t-1)$ maka nilai $V(t-1)$ akan di tambahkan dengan nilai yang sudah di tentukan di algoritma $P\&O$. Sebaliknya jika $V(t)$ lebih kecil dari $V(t-1)$ maka nilai $V(t-1)$ akan di kurangkan dengan nilai yang sudah di tentukan di algoritma $P\&O$.
 - b. Ketika $P(t)$ lebih kecil dari $P(t-1)$, maka akan membandingkan $V(t)$ dengan $V(t-1)$. Jika $V(t)$ lebih kecil dari $V(t-1)$ maka nilai $V(t-1)$ akan di tambahkan dengan nilai yang sudah di tentukan di algoritma $P\&O$. Sebaliknya jika $V(t)$ lebih besar dari $V(t-1)$ maka nilai $V(t-1)$ akan di kurangkan dengan nilai yang sudah di tentukan di algoritma $P\&O$.
5. Nilai $V(t-1)$ yang sudah di *perturbation* akan di konversikan ke dalam nilai *duty cycle* dengan rumus $D = V_o/V(t-1) \times 100\%$ dengan $V_o = 12V$. Jika nilai *duty cycle* lebih dari 100% maka nilai *duty cycle* di tetapkan dengan nilai 100%.
6. Nilai *duty cycle* dirubah menjadi nilai PWM dengan rumus $PWM = \text{duty cycle} \times 255$. Nilai 255 merupakan resolusi PWM (8bit).
7. $P(t)$ akan di simpan ke dalam nilai $P(t-1)$ dan nilai $V(t)$ akan di simpan ke dalam nilai $V(t-1)$ untuk nilai pembanding berikutnya.
8. Algoritma $P\&O$ secara terus menerus di jalankan untuk mencari titik daya maksimal yang dihasilkan panel surya.

2.4 Sensor ACS712

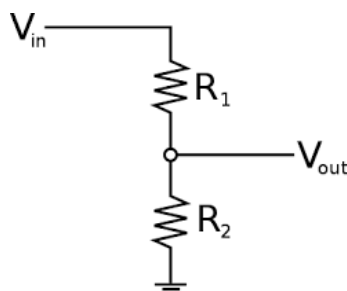
Sensor arus yang di gunakan adalah modul ACS712. Sensor arus yang digunakan adalah sensor arus model 05B. Modul ACS712-05B adalah modul sensor arus dengan batas ukur -5A sampai 5A. Modul ini juga akan di sambungkan ke mikrokontroler ke pin ADC. Modul ACS712 bagian kiri pada gambar 2.4 dipasang secara seri dibagian yang ingin di ukur arusnya. Bagian kanan gambar 2.4 terdapat pin vcc, gnd, dan out. Vcc dan gnd di sambungkan ke vcc dan gnd pada mikrokontroler dan out dihubungkan ke port adc pada mikrokontroler.



Gambar 2.4 Modul ACS712

2.5 Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang di pakai adalah sensor tegangan menggunakan hukum pembagi tegangan. Rangkaian pembagi tegangan memerlukan sumber tegangan yang disambungkan secara seri dengan 2 resistor seperti gambar berikut:



Gambar 2.5 Rangkaian Pembagi Tegangan

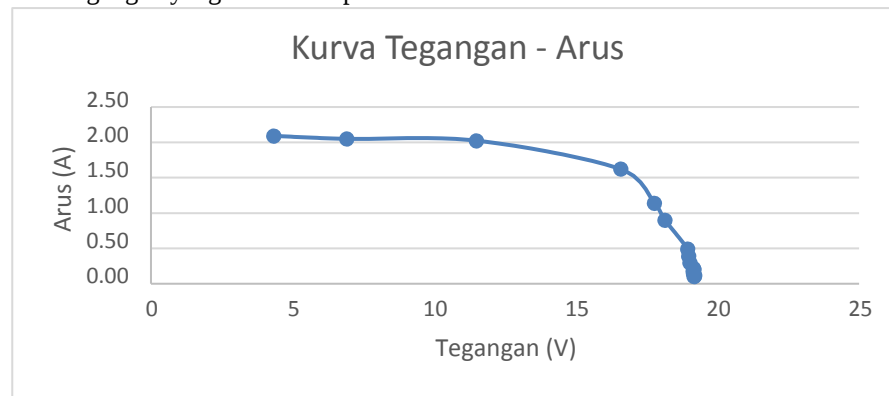
Dari gambar diatas nilai tegangan V_{in} adalah nilai maksimal dari sensor yang ingin di buat jadi nilai $V_{in} = 30V$, V_{out} adalah tegangan yang akan di sambungkan ke mikrokontroler, pada pembacaan ADC di mikrokontroler menggunakan $V_{ref} = 5V$. Berikut perhitungan untuk mendapatkan perbandingan nilai resistor R_1 dan R_2 .

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

3 Pembahasan Hasil Simulasi

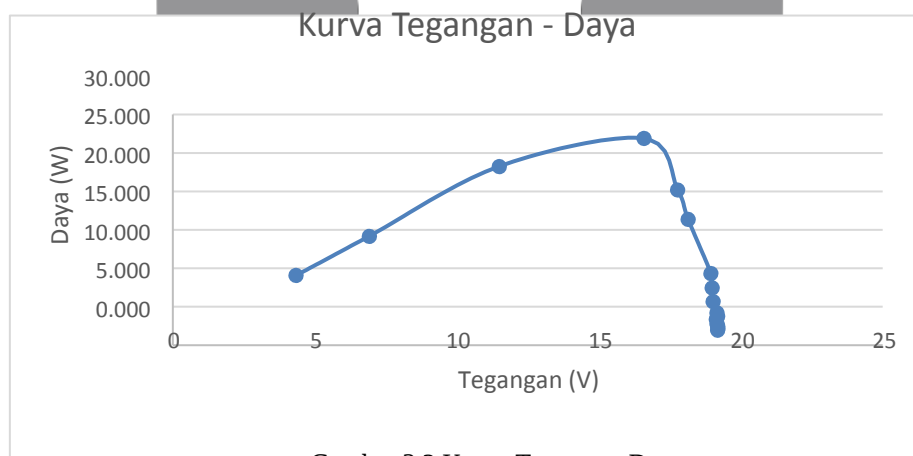
3.1 Karakteristik Photovoltaic

Karakteristik *photovoltaic* ditunjukkan pada grafik tegangan-arus dan tegangan-daya. Dari pengujian yang telah dilakukan. Kurva karakteristik photovoltaic tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar 3.1. berdasarkan gambar semakin besar tegangan yang dihasilkan photovoltaic maka arus akan semakin kecil.



Gambar 3.1 Kurva Tegangan-Arus

Dari pengujian yang telah dilakukan. Kurva karakteristik photovoltaic tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar 3.1. berdasarkan gambar semakin besar tegangan yang dihasilkan photovoltaic maka arus akan mendekati nol (I_{osc}).



Gambar 3.2 Kurva Tegangan-Daya

Berdasarkan gambar 4.2. karakteristik daya tertinggi yang dapat dicapai dari photovoltaic adalah 26,908 Watt.

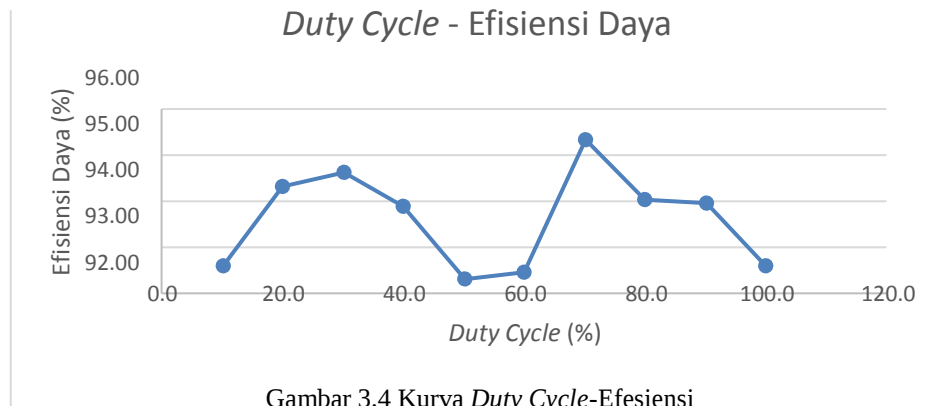
3.2 Pengujian Rangkaian Buck Converter

Untuk membuktikan bahwa rangkaian *buck converter* ini berfungsi dengan baik dilakukan pengujian rangkaian *buck converter* dengan beban resistor = 56Ω. Pengujian dilakukan dengan nilai *duty cycle* diubah dari 0,4 berubah secara bertahap dengan skala perubahan 0,1 sampai *duty cycle* bernilai 1.

Tabel 3.1 Pengujian Buck Converter

PWM	Duty Cycle (%)	V_{in} (V)	V_{out} (V)	I_{in} (A)	I_{out} (A)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Efisiensi Daya (%)
26	10.2	18	1.9	0.006	0.05	0.103	0.095	92.59
51	20	18	3.3	0.02	0.08	0.28	0.26	94.32
77	30.2	18	4.8	0.03	0.11	0.56	0.53	94.62

102	40	18	6.5	0.05	0.13	0.9	0.85	93.89
128	50.2	18	8.1	0.08	0.16	1.40	1.30	92.31
153	60	18	9.8	0.11	0.18	1.91	1.76	92.45
179	70.2	18	11.7	0.15	0.22	2.7	2.57	95.33
204	80	18	13.4	0.19	0.24	3.42	3.22	94.04
230	90.2	18	15.1	0.25	0.28	4.5	4.23	93.96
255	100	18	17	0.31	0.3	5.51	5.1	92.59
rata - rata efisiensi								93.61

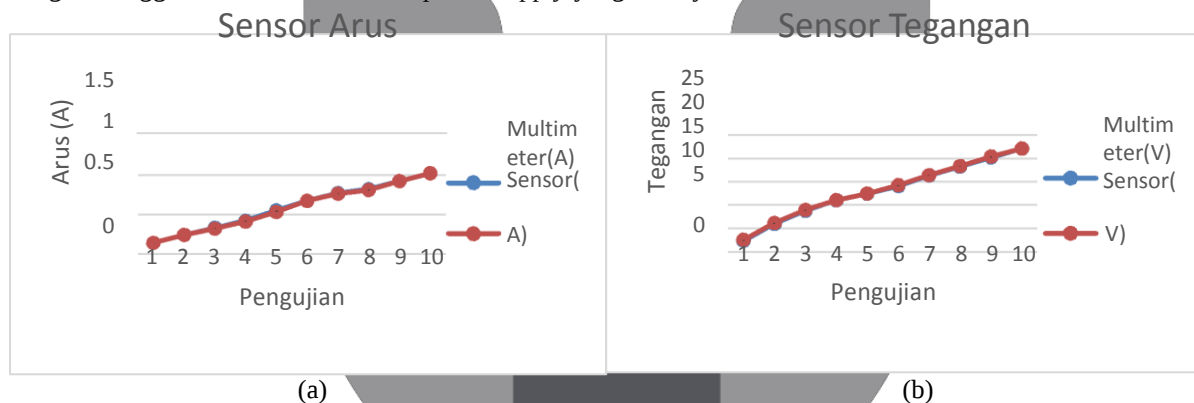


Gambar 3.4 Kurva *Duty Cycle*-Efisiensi

Dapat dilihat dari kurva diatas pada saat pengujian buck converter dengan mengubah nilai duty cycle secara bertahap. Efisiensi tertinggi yang dapat dicapai adalah 99,72% dengan duty cycle yang diberikan sebesar 1.

3.3 Pengujian Sensor arus dan Sensor Tegangan

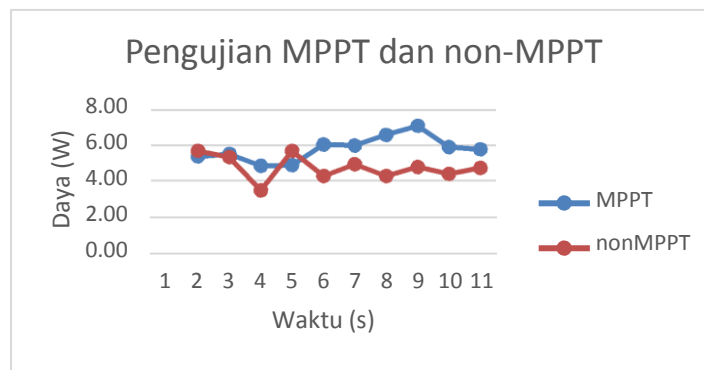
Pengujian sensor dilakukan untuk melihat performansi sensor dibandingkan dengan pembacaan di multimeter dengan menggunakan beban $20\ \Omega$ dan *power supply* yang nilainya di ubah ubah.



Gambar 3.5 (a) Pengujian Sensor Arus dan (b) Pengujian Sensor Tegangan

3.4 Pengujian Sistem MPPT dengan non MPPT

Pengujian ini dilakukan dengan cara memberi pompa air motor dc sebagai beban. Pengujian MPPT dan non MPPT dilakukan dengan rentang waktu 15menit. Pengujian sistem MPPT dengan menggunakan algoritma metode P&O sedangkan pengujian sistem non MPPT tidak menggunakan algoritma metode P&O. Berikut adalah table pengujian sistem MPPT dan non MPPT.



Gambar 3.6 Grafik Daya keluaran Sebelum dan Setelah Pemasangan MPPT

Dapat dilihat dari gambar 3.6 bahwa daya output yang dihasilkan *photovoltaic* dengan sistem MPPT lebih besar dari sistem yang tidak menggunakan MPPT. Perhitungan *performance* daya output dengan MPPT dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\eta = \frac{4.74}{5.79} \times 100\%$$

$$\eta = 81.79\%$$

$$\eta = 81.79\%$$

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi daya output dari *photovoltaic* menggunakan sistem MPPT sebesar 81,79%.

4 Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis *Maximum power point tracking* metode P&O pada *photovoltaic* yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Daya yang di hasilkan oleh *photovoltaic* di pengaruhi oleh beban.
2. Dari hasil pengujian rata- rata Efisiensi daya buck converter terhadap duty cycle sebesar 93.61%.
3. Efisiensi sistem *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan algoritma metode P&O sebesar 81,79%.

4.2 Saran

1. Perlu dikembangkan lebih lanjut sistem MPPT menggunakan metode yang lain seperti metode *hybrid*.
2. Pemilihan beban harus di perhitungkan lebih agar keluaran *photovoltaic* besar.

5 Daftar Pustaka

- [1] Freeman, Dave. 2010. "Introduction to Photovoltaic Systems Maximum Power Point Tracking", Texas Instrument.
- [2] J. Jiang, T. Huang, Y. Hsia, C. Chen. 2005. "Maximum Power Tracking for Photovoltaic Systems". Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol 8, No 2, pp.147-153.
- [3] Rudito. 2012. "Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC". Universitas Brawijaya.
- [4] W. Hart, Daniel. 2011. Power Electronics. New York. The McGraw-Hill Companies.
- [5] Ahmed M. Atallah, Almoataz Y. Abdelaziz, Raihan S.Jumaah. 2014. "Implementation of Perturb and Observe of PV system with direct control method using buck and buck – boost converter". Electronics & Instrumentation Engineering: An International Journal (EEIEJ).
- [6] 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)

