

Perancangan Perangkat Keras MPPT Metode *Perturb and Observation*

Yanuar Mahfudz Safarudin^{1*}, Dina Mariani², Dwiana Hendrawati³, Suwarti⁴,
Machrus Ali⁵, Hidayatul Nurrohmah⁶

^{1,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang

^{5,6}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Darul Ulum Jombang

¹Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang

*Corresponding Author: mahfudz@polines.ac.id

Abstract— This study discusses the use of perturb and observation algorithm in the application of maximum power point tracking. The algorithm is simulated and tested hardware in two shading conditions. The results show the similarity result of hardware testing and simulation.

Keywords — photovoltaic, MPPT, P&O, hardware.

Intisari— Penelitian ini membahas mengenai penggunaan algoritma perturb and observation pada aplikasi maximum power point tracking. Algoritma ini diujikan secara simulasi dan perangkat keras pada dua kondisi shading. Hasil menunjukkan adanya kesesuaian pola pada pengujian perangkat keras dan simulasinya.

Kata kunci — panel surya, MPPT, P&O, perangkat keras.

I. PENDAHULUAN

Teknologi MPPT telah lama ditemukan, dan banyak dikembangkan oleh peneliti di dunia. Metode untuk mendeteksi puncak-puncuk bermacam-macam, mulai dari *perturb and observation* (P&O) [1][2], *incremental conductance* [3], *fuzzy logic* [4], ANN [5], dan gabungan dari metode tersebut [6]. Sejak ditemukan MPPT tahun 1960 hingga tahun 2007, sudah ada lebih dari 90 penelitian dunia yang membahas mengenai teknologi MPPT [7]. Hanya saja jarang ada peneliti di Indonesia yang membuat versi perangkat keras dari MPPT tersebut.

Penelitian ini merupakan aplikasi dari penelitian sebelumnya [8][10]. Ide utama dari penelitian ini adalah merancang perangkat keras

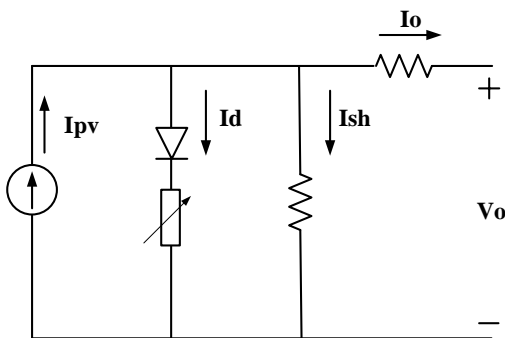
dari MPPT metode P&O dan membandingkannya dengan hasil simulasi.

II. PEMODELAN SEL SURYA

Pemodelan fotovoltaik yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa sumber arus, dioda, dan dua buah resistor. Pemodelan fotovoltaik yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Arus keluaran pada pemodelan fotovoltaik akan dipengaruhi oleh arus total sumber arus (I_{pv}), arus dioda (I_d), dan arus resistor paralel (I_{sh}). Persamaan arus keluaran dapat dilihat pada persamaan 1 [9].

Arus yang dihasilkan oleh sumber arus ditentukan oleh nilai iradian matahari dan temperatur permukaan fotovoltaik. Hubungan antara iradian sinar matahari dan temperatur

permukaan fotovoltaik terhadap arus total yang dihasilkan ditunjukkan oleh persamaan 2 [1][2].



Gambar 1. Pemodelan Fotovoltaik

$$I_o = I_{PV} - I_d - I_{sh} \quad (1)$$

I_o = arus output

I_{PV} = arus total yang dihasilkan sumber arus

I_d = arus dioda

I_{sh} = arus menuju resistor paralel

$$I_{PV} = \left(I_{sc0} + k_i(T - T_{ref}) \right) \frac{S}{S_{ref}} \quad (2)$$

I_{sc0} = arus *short circuit* fotovoltaik pada iradian 1000 W/m^2

K_i = konstanta temperatur ($0,0024 \text{ Ampere/}^\circ\text{K}$)

T = temperatur permukaan fotovoltaik dalam kelvin

T_{ref} = temperatur permukaan pada *datasheet* ($298 \text{ }^\circ\text{K}$)

S = iradian sinar matahari yang menepa fotovoltaik

S_{ref} = iradian sinar matahari pada *datasheet* (1000 W/m^2)

Komponen diode pada pemodelan fotovoltaik digunakan untuk membatasi tegangan keluaran pada fotovoltaik agar sesuai dengan *datasheet*. Arus yang menuju dioda dapat dilihat pada persamaan 3.

$$I_d = I_o \left(\exp \frac{q(V_o + I_o R_s)}{N_s A k T} - 1 \right) \quad (3)$$

q = elektron *charge* dengan nilai $1,6 \cdot 10^{-19}$

V_o = tegangan keluaran fotovoltaik

I_o = arus keluaran fotovoltaik

R_s = resistor seri

A = faktor idealitas dioda yang nilainya antara 1 hingga 2

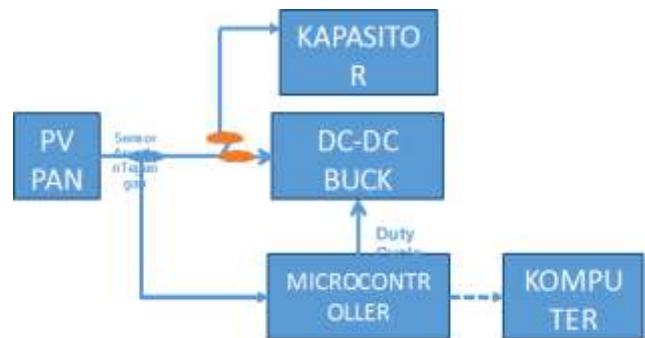
k = konstanta *boltzman* yang nilainya $1,3806505 \cdot 10^{-23}$

T = temperatur permukaan fotovoltaik dalam kelvin

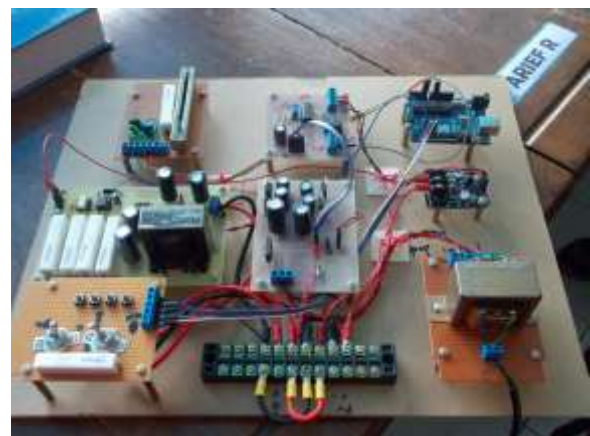
N_s = jumlah sel

III. PERANCANGAN PERANGKAT KERAS

Secara umum perangkat keras terdiri dari dua buah modul fotovoltaik, sensor tegangan, sensor arus, mikrokontroler, kapasitor yang dipasang paralel, DC-DC *buck converter* dan beban resistif. Kemudian perangkat keras tersebut terhubung dengan komputer sebagai *human interface* dan akusisi data. Diagram blok perangkat keras dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Perangkat Keras

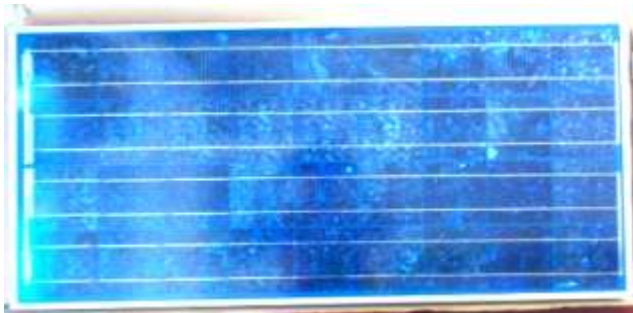


Gambar 3. Hasil perangkat keras

Perangkat keras yang dirancang pada penelitian ini didesain khusus untuk menguji performa dari algoritma yang dibuat. Algoritma MPPT yang dikodekan ke dalam mikrokontroler digunakan untuk memaksimalkan daya dua buah modul fotovoltaik, melalui perantara DC-DC buck converter dan beban resistif. Sensor tegangan dan sensor arus digunakan sebagai umpan balik untuk mikrokontroler, sehingga algoritma yang dikode pada mikrokontroler dapat mendeteksi daya maksimal.

A. Spesifikasi Sel Surya

Penelitian ini menggunakan dua buah fotovoltaik yang akan dicari nilai nilai daya maksimum pada kondisi *partial shading*. Fotovoltaik yang dipakai merupakan fotovoltaik tipe *polycrystalline*. Dalam satu buah modul fotovoltaik, terdapat 4 baris * 9 kolom sel surya. Pada setiap dua baris sel surya, terdapat satu buah dioda.



Gambar 4. Panel Surya yang digunakan

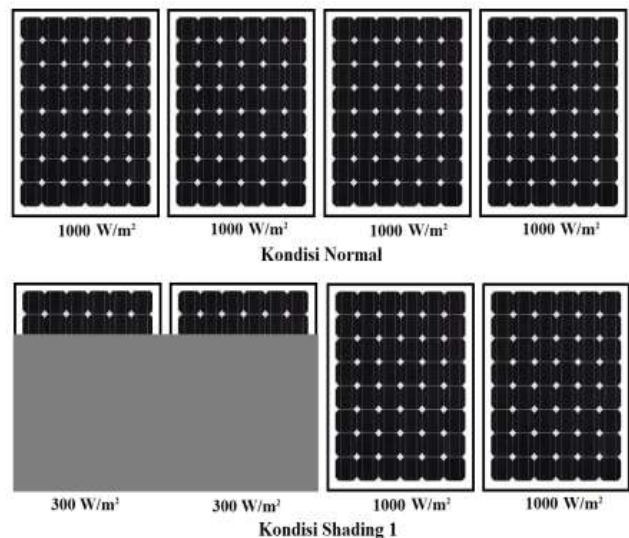
Adapun untuk spesifikasi sel surya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Sel Surya hardware

Parameter	Nilai
Daya maksimal (P_{max})	60 W
Tegangan <i>open circuit</i> (V_{OC})	21 V
Tegangan maximum power (V_{MP})	16,8 V
Arus <i>short circuit</i> (I_{SC})	3,78 A
Arus maximum power (I_{MP})	3,56 A

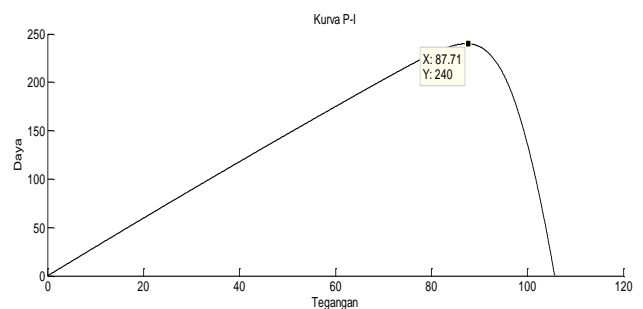
B. Profil pengujian

Algoritma kemudian diujikan pada dua kondisi, yaitu satu kondisi normal dan satu kondisi *partial shading*. Ilustrasi mengenai kondisi pengujian simulasi dapat dilihat pada gambar 5 berikut.

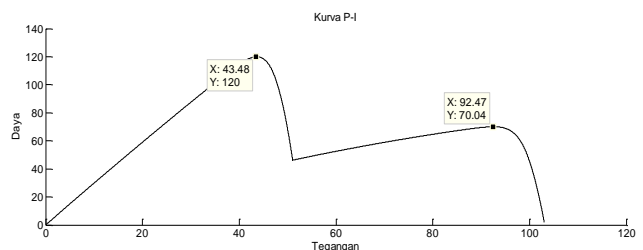


Gambar 5. Skema pengujian *software*

Kurva P-I dari dua kondisi ini dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.

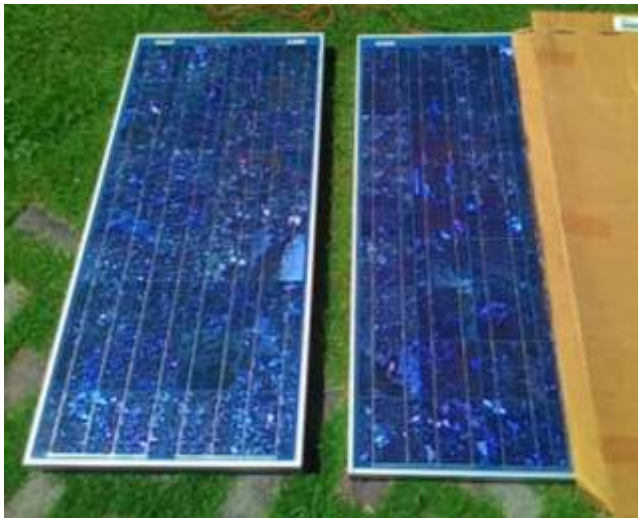


Gambar 6. Simulasi kurva P-V kondisi normal

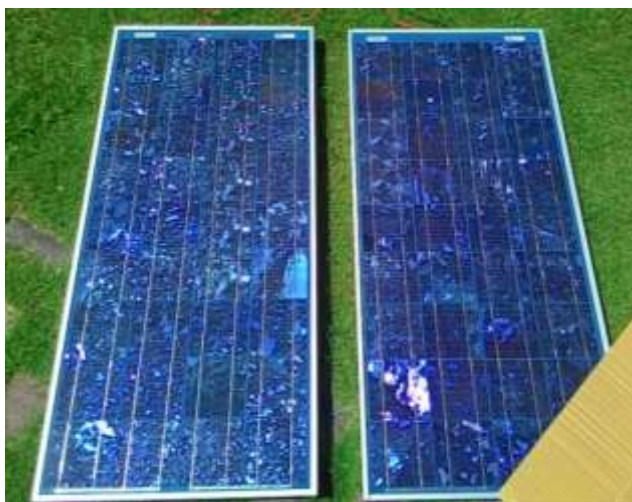


Gambar 7. Simulasi kurva P-V kondisi *shading* 1

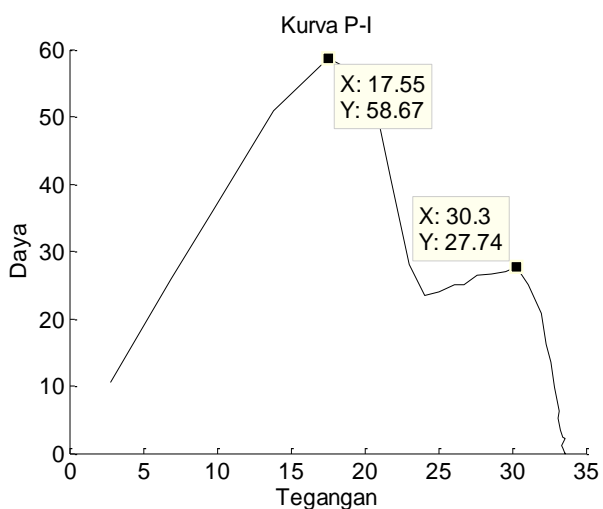
Adapun pengujian perangkat keras dilakukan pada dua kondisi *shading*, yaitu *shading* secara vertical dan diagonal. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan fotovoltaik pada sinar matahari, kemudian sebagian dari permukaan fotovoltaik ditutup. Selanjutnya fotovoltaik dihubungkan dengan kapasitor yang terhubung paralel, dan dicatat nilai arus dan tegangannya melalui sensor yang telah dibuat. Berikut adalah ilustrasi dan hasil kurva P-I.



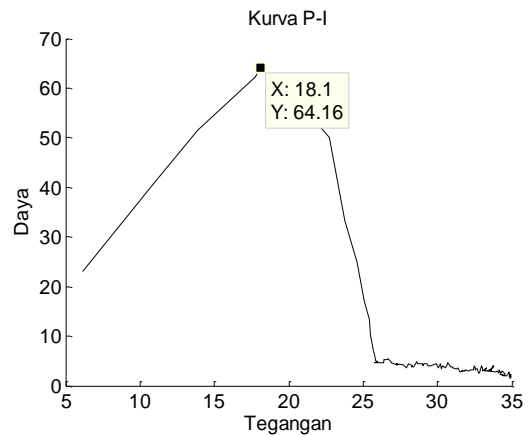
Gambar 8. Skema shading vertikal



Gambar 9. Skema shading diagonal



Gambar 10. Kurva P-I tertutup vertikal



Gambar 11. Kurva P-I tertutup vertikal

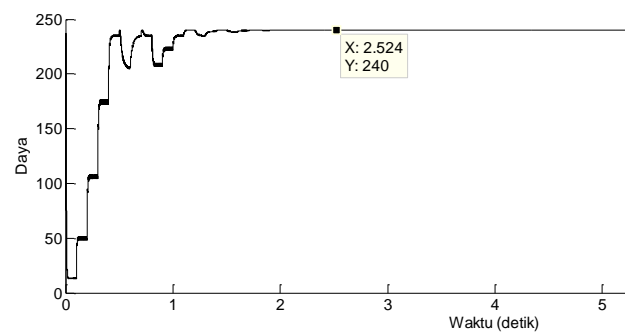
Profil daya maksimal dari masing-masing parameter dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Profil Daya

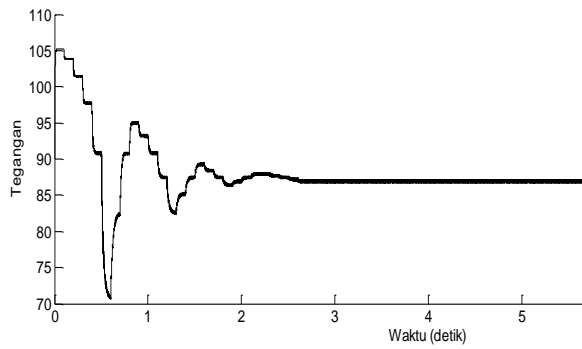
Skema Pengujian	Daya Maksimal	
	Puncak Tertinggi	Puncak 2
Simulasi Normal	240 W	-
Simulasi Shading 1	120 W	70 W
Hardware Vertikal	58.67 W	30.3 W
Hardware Horizontal	64.16 W	-

IV. HASIL PENELITIAN

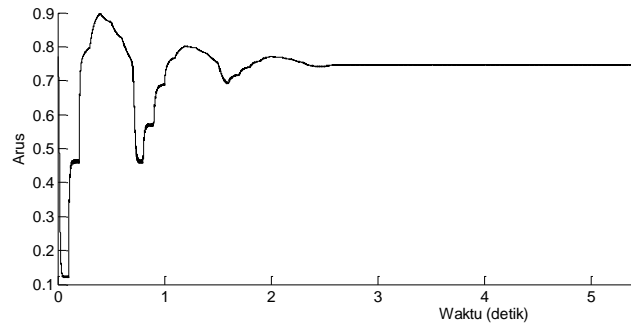
Pada subbab ini akan dibahas mengenai pengujian secara simulasi dan perangkat keras algoritma P&O. Pengujian algoritma dilakukan pada dua kondisi sel surya yang telah dijelaskan pada subbab 3. Berikut adalah hasil simulasi untuk kondisi normal.



Gambar 12. Respon daya simulasi algoritma P&O kondisi normal

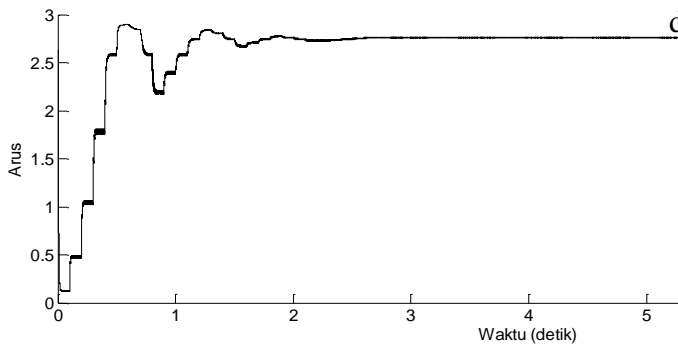


Gambar 13. Respon tegangan simulasi algoritma P&O kondisi normal

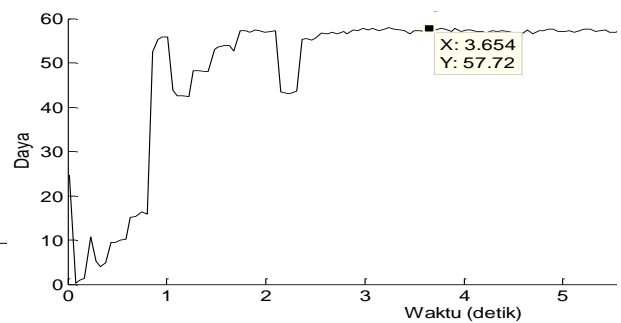


Gambar 17. Respon arus simulasi algoritma P&O termodifikasi kondisi *shading* 1

Kemudian Hasil pengujian perangkat keras dapat dilihat pada gambar 17 hingga gambar 21.

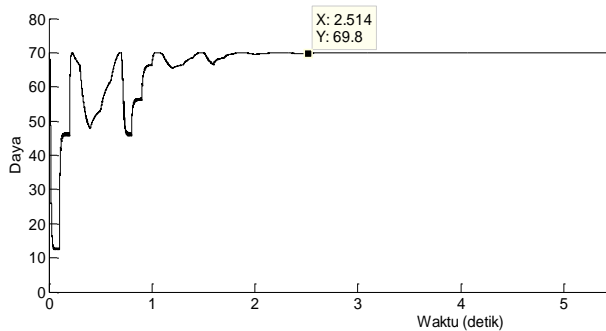


Gambar 14. Respon arus simulasi algoritma P&O kondisi normal

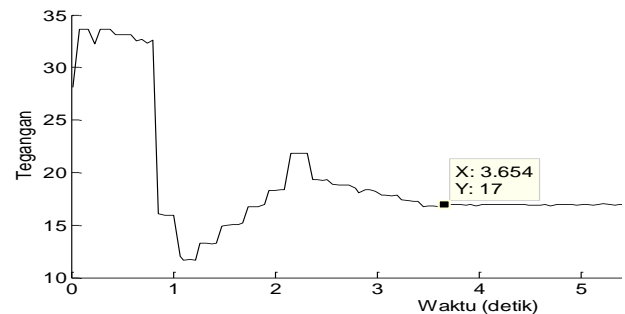


Gambar 18. Respon daya perangkat keras algoritma P&O kondisi *shading* vertikal

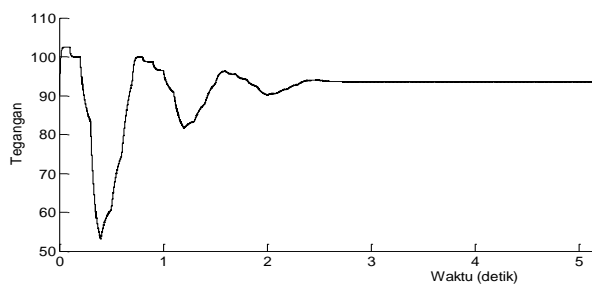
Kemudian berikut adalah hasil simulasi untuk kondisi *shading* 1.



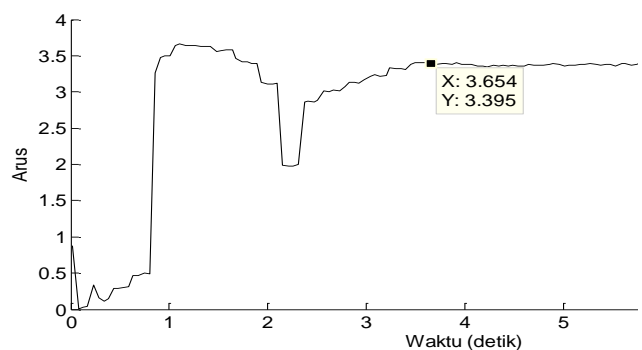
Gambar 15. Respon daya simulasi algoritma P&O termodifikasi kondisi *shading* 1



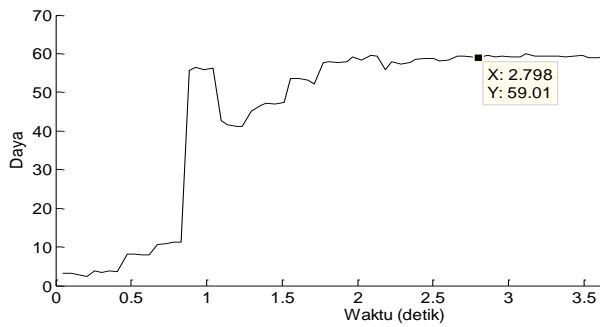
Gambar 19. Respon tegangan perangkat keras algoritma P&O kondisi *shading* vertikal



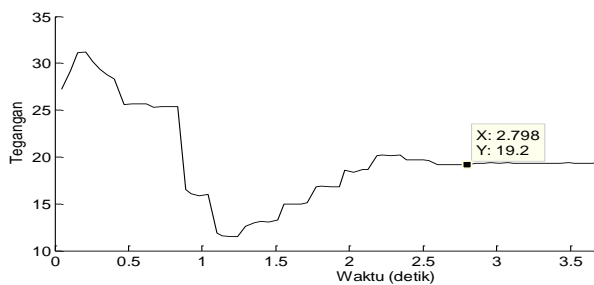
Gambar 16. Respon tegangan simulasi algoritma P&O termodifikasi kondisi *shading* 1



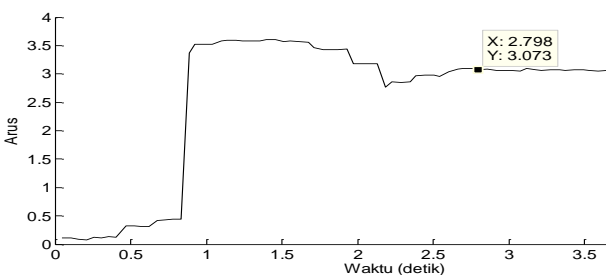
Gambar 20. Respon arus perangkat keras algoritma P&O kondisi *shading* vertikal



Gambar 21. Respon daya perangkat keras algoritma P&O kondisi *shading* diagonal



Gambar 22. Respon tegangan perangkat keras algoritma P&O kondisi *shading* diagonal



Gambar 23. Respon arus perangkat keras algoritma P&O kondisi *shading* diagonal

Dari hasil pengujian secara simulasi dan hardware, dapat disimpulkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian

Skema Pengujian	Parameter hasil			
	Daya Max (Watt)	Daya hasil Tracking (Watt)	Akurasi (%)	Kecepatan tracking (detik)
Simulasi Normal	240	239.99	99.9	2.524
Simulasi Shading 1	120	69.795	58.163	2.514
Hardware Vertikal	58.67	57.72	98.38	3.654
Hardware Horisontal	64.16	59.01	91.97	3.073

Dari tabel 3 tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil antara simulasi dan hardware sudah sesuai. Perangkat keras mampu mendeteksi daya puncak dengan kecepatan di bawah 4 detik. Hanya saja ketepatan dari metode P&O ini memang rendah dan perlu modifikasi algoritma. Modifikasi dari algoritma akan dibahas pada penelitian selanjutnya.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini membandingkan antara simulasi dan hardware dari MPPT metode P&O. Dari hasil penelitian tersebut, hardware yang dibuat dapat mendeteksi daya puncak dengan akurasi di atas 90% dan kecepatan kurang dari 4 detik.

REFERENSI

- [1] Femia, N., Vitelli, M., "Optimizing Duty-cycle Perturbation of P&O MPPT Technique", 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, 2004
- [2] Femia, N., Petrone, G., Vitelli, M., "Optimization of Perturb and Observe Maximum Power Point Tracking Method", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 20, No. 4, July 2005
- [3] Hussein, K.H., Muta, I., Hoshino, T., Osakada, M., "Maximum Photovoltaic Tracking: an Algorithm for Rapidly Changing Atmospheric Condition". IEE Proc-Gener. Transm. Distrib., Vol. 142, No. 1, January 1995
- [4] Alajmi, B.N., Ahmed, K.H., Finney, S.J., Williams, B.W., "Fuzzy-Logic-Control Approach of a Modified Hill-Climbing Method for Maximum Power Point in Microgrid Standalone Photovoltaic System", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 26, No. 4, April 2011
- [5] Hiyama, T., Kitabayashi, K., "Neural network Based Estimation of Maximum Power Generation from PV Module Using Environmental information," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 12, No. 3, September 1997

- [6] Houssamo, I., Locment, F., Sechilariu, M., “Experimental Analysis of Impact of MPPT Methods on Energy Efficiency for Photovoltaic Power Systems” *Electrical Power and Energy Systems* 46, p98 - 107
- [7] Efram, T., Chapman, P.L., ”Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point *Tracking* Techniques”, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 22, No. 2, June 2007
- [8] Y.M. Safarudin, A. Priyadi, M.H. Purnomo, M. Pujiantara, “ Maximum Power Point Tracking Algorithm for Photovoltaic System Under Partial Shaded Condition by Means Updating β Firefly Technique”, 6th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), October. 2014.
- [9] Khaligh. Alireza, Onar, O.C, “Solar, Wind, and Ocean Energy Conversion System”, CRC Press. 2010
- [10] Y.M. Safarudin, A. Priyadi, M.H. Purnomo, M. Pujiantara, “ Combining Simplified Firefly and Modified P&O Algorithm for Maximum Power Point Tracking of Photovoltaic System Under Partial Shading Condition”, 2015 International Seminar on Intelligent Technology and Its Applications (ISITIA 2015), Mei. 2015.