

Perbandingan Daya Listrik Panel Surya Menggunakan MPPT P&O terhadap MPPT Logika Fuzzy

¹ Indra Budi Hermawan, ² Annisa Harumwidiah
^{1,2} Fakultas Vokasi, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

¹indrabudih@yahoo.com, ²aharwid@untag-sby.ac.id

Article Info

Article history:

Received January 12th, 2021
Revised January 20th, 2021
Accepted May 26th, 2021

Keyword:

MPPT
Algoritma P&O
Fuzzy Logic
DC/DC converter
Microcontroller ATmega318

ABSTRACT

The electricity generated by solar panels up and down is influenced by weather, panel angle to the sun, ambient temperature and so on. When there is a change in the radiation level, the electric current generated by the solar panel also changes, causing a non-conformity with the load characteristics. This result in the electrical power generated by the solar panel is not optimal. Maximum Power Point Tracker (MPPT) can solve this problem by tracking the changes of electric current generated by the solar panel. The tracking apparatus is then connected to a control device and a DC / DC converter that converts and adjusts the optimum voltage and current according to the load. This study compares the amount of electricity generated by solar panels by using the Perturb and Observe (P & O) MPPT algorithm against the Fuzzy Logic Controller MPPT (FL). This research will be conducted on 100 Watt Solar Power Plant (PLTS) module by using Microcontroller ATmega318 as the controller. The results obtained are MPPT Fuzzy Logic Controller (FL) produce 5.61% more power than the Perturb and Observe (P&O) MPPT algorithm.

Copyright © 2021 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Indra Budi Hermawan,
Fakultas Vokasi, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
Jalan Semolowaru 45 Surabaya
Email: indrabudih@yahoo.com

Abstrak—Daya listrik yang dibangkitkan oleh panel surya naik turun dipengaruhi oleh cuaca saat itu, sudut panel terhadap matahari, suhu lingkungan dan sebagainya. Ketika terjadi perubahan tingkat iradiasi, maka arus listrik yang dibangkitkan oleh panel surya juga mengalami perubahan yang menyebabkan ketidak sesuaian dengan karakteristik beban. Hal tersebut menyebabkan daya listrik yang dibangkitkan oleh panel surya tidak maksimal. Maximum Power Point Tracker (MPPT) dapat mengatasi permasalahan ini dengan cara melacak arus listrik yang dibangkitkan oleh panel surya. Piranti pelacak ini kemudian dihubungkan dengan kontroler dan converter DC/DC yang kemudian menyesuaikan tegangan dan arus optimal sesuai dengan beban. Penelitian ini membandingkan jumlah daya listrik yang di bangkitkan oleh panel surya dengan menggunakan MPPT algoritma Perturb and Observe (P&O) terhadap MPPT algoritma Logika Fuzzy (FL). Penelitian ini dilaksanakan pada panel surya berkapasitas 100 wattpeak (WP) dengan menggunakan mikro controller AT Mega318 sebagai media control MPPT. Hasil yang

dieroleh dari penelitian ini adalah MPPT dengan menggunakan algoritma Fuzzy Logic (FL) menghasilkan daya 5.61 % lebih besar dibandingkan MPPT yang menggunakan algoritma Perturb and Observe (P&O).

I. Pendahuluan

Pemenuhan terhadap kebutuhan energi listrik masih menjadi kendala pada banyak lokasi di Indonesia, antara lain karena lokasinya yang terpencil, jauh dari sumber daya alam, maupun keterbatasan lainnya. Disisi lain lokasi Indonesia yang berada di jalur katulistiwa memungkinkan seluruh wilayah Indonesia mendapatkan intensitas sinar matahari sepanjang tahun. Kondisi ini dapat dijadikan sebagai solusi untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik dengan cara mengubah sinar matahari tersebut menjadi energi listrik.

Dengan menggunakan panel surya, sinar matahari dapat dirubah menjadi energi listrik, akan tetapi energi listrik yang dihasilkan masih belum stabil baik tegangan maupun arusnya karena adanya perubahan intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya tersebut. Kondisi ini memerlukan peralatan yang dapat mendeteksi perubahan tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya, kemudian merubah dan memberikan tegangan dan arus, yang sesuai dengan spesifikasi beban peralatan yang digunakan.

Menggunakan panel surya atau array panel tanpa kontroler yang dapat melakukan Maksimum Power Point Tracker (MPPT) akan mengakibatkan daya terbuang, yang akhirnya menyebabkan adanya kebutuhan untuk memasang lebih banyak panel untuk kebutuhan daya yang sama. Masalah utama yang dapat dipecahkan oleh algoritma MPPT adalah untuk secara otomatis menemukan tegangan operasi panel yang memungkinkan daya output menjadi maksimum.

Berbagai macam algoritma penjejak atau Maximum Power Point Tracker (MPPT) sudah dicoba untuk digunakan. Pada umumnya menggunakan metode Perturb and Observe, Incremental Conductance, Constant Voltage, Constant Current dan sebagainya [1]. Algoritma algoritma ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing masing. Berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan algoritma yang paling efektif untuk mengkonversi sebanyak mungkin cahaya matahari menjadi energi Listrik.

Dalam penelitian ini, algoritma Perturb and Observe akan dibandingkan dengan Kontrol Fuzzy. Kedua metode tersebut diimplementasikan kedalam rangkaian control MPPT yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya, menghitung dan memberikan masukan Duty Cycle pada DC/DC converter sehingga tegangan output DC/DC *converter* sesuai dengan spesifikasi peralatan (beban) yang digunakan.

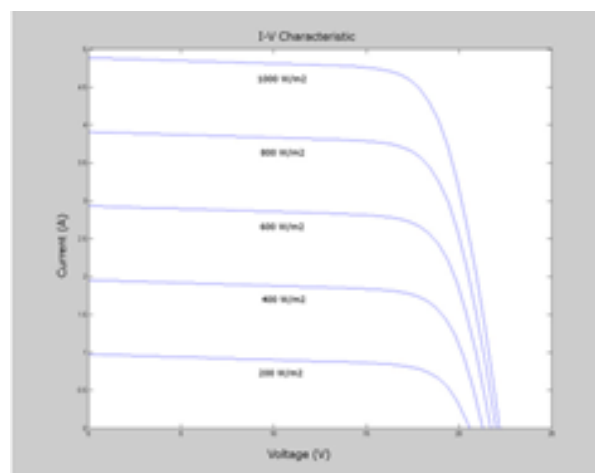
1.1 Energi Matahari dan Solar Panel (PV)

Setiap tahunnya ada sekitar 3.9×10^{24} Joule $\sim 1.08 \times 10^{18}$ kWh energi matahari yang mencapai permukaan bumi, ini berarti energi yang diterima bumi dari matahari adalah 10.000 kali lebih banyak dari permintaan energi primer secara global tiap tahunnya dan lebih banyak dari cadangan ketersediaan keseluruhan energi yang ada di bumi. Intensitas radiasi matahari di luar atmosfer bumi tergantung pada jarak antara bumi dengan matahari. sepanjang tahun, jarak antara matahari dengan bumi

bervariasi antara $1,47 \times 10^8$ km sampai $1,52 \times 10^8$ km. Akibatnya, *irradiance* E_0 berfluktuasi antara 1.325 W/m^2 sampai 1412 W/m^2 . Nilai rata-rata dari *irradiance* ini disebut dengan *solar constant* (konstanta surya) [3]. Konstanta Surya $E_0 = 1.367 \text{ w/m}^2$. Nilai konstan ini bukanlah besarnya radiasi yang sampai dipermukaan bumi.

Atmosfir bumi mereduksi/ mengurangi radiasi matahari tersebut melalui proses pemantulan, penyerapan (oleh ozon, uap air, oksigen dan karbondioksida) dan penghamburan (oleh molekul-molekul udara, partikel debu atau polusi). Untuk cuaca yang cerah pada siang hari, *irradiance* yang mencapai permukaan bumi adalah 1.000 w/m^2 . Nilai ini relatif terhadap lokasi. Insolasi (energi radiasi) maksimum terjadi pada hari yang cerah namun berawan sebagian. Ini karena pemantulan radiasi matahari oleh awan sehingga insolasi (energi radiasinya) dapat mencapai 1.400 W/m^2 untuk periode yang singkat [3].

Besar daya yang dikeluarkan oleh PV dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya matahari (S) dan suhu (T) di sekitar PV. Berdasarkan **Gambar 2**, terdapat suatu titik dengan besar tegangan dan arus tertentu agar PV dapat mengeluarkan daya maksimumnya.



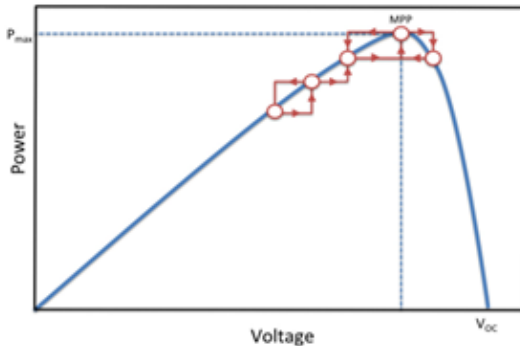
Gambar 1. Contoh tipikal kurva I-V suatu PV modul [6]

1.2 MPPT Algoritma Perturb and Observe (P&O) [2]

Pada metode Perturb and Observe (P&O), algoritma MPPT didasarkan pada perhitungan daya output PV dan perubahan daya yang terjadi karena adanya perubahan pada arus dan tegangan PV. Penjejak P&O bekerja secara

berkala pada saat terjadi kenaikan atau penurunan tegangan dari susunan PV.

Jika gangguan yang diberikan menyebabkan peningkatan (penurunan) daya output dari PV, maka gangguan berikutnya yang dihasilkan dalam yang sama (berlawanan) arah. Jadi, duty cycle dari DC/DC converter berubah dan proses ini diulang sampai titik daya maksimum telah tercapai.



Gambar 2. Penggambaran operasi Algoritma *Perturb and Observe* [7].

Sebenarnya, sistem beresilasi hanya di sekitar MPP. Pengurangan ukuran langkah *perturbation* dapat meminimalkan osilasi. Namun, ukuran langkah kecil akan memperlambat MPPT. Untuk mengatasi masalah ini, ukuran gangguan variabel diperkecil untuk mencapai MPP. Namun, metode P & O dapat gagal pada saat kondisi atmosfer berubah dengan cepat. Beberapa kegiatan penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan performa “pen-daki-an” metode P & O tradisional.

1.3 MPPT Kontroler Logika Fuzzy [1]

Saat ini kontroler logika Fuzzy sudah dikenal dalam menjejak MPP sistem PV. Mereka mempunyai keuntungan karena handal dan reletif sederhana dalam desainnya, juga karena mereka tidak memerlukan data yang akurat untuk pemodelan system. Sebaliknya, mereka memerlukan data pengoperasian yang lengkap sesuai desain sistem PV. Sebuah kontroler logika Fuzzy pada dasarnya meliputi: *Fuzzifikasi*, *Rule Base*, Metode Interferensi dan Metode *Defuzzifikasi*.

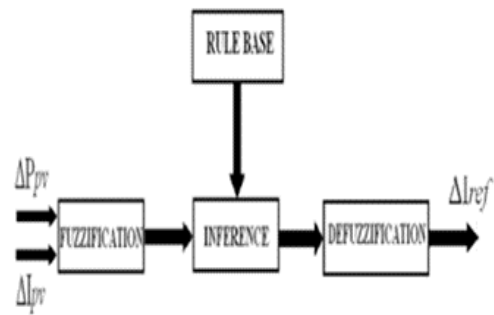


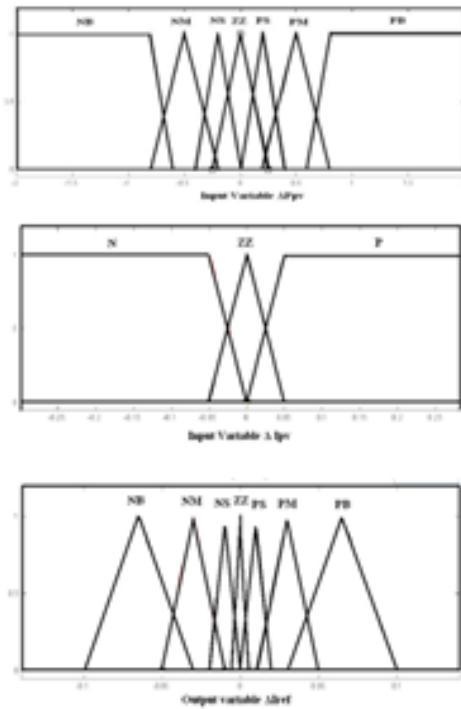
Fig. 5. FLC controller

Gambar 3. Kontroler Logika Fuzzy

Input kontroler Fuzzy adalah perubahan daya pada PV array (ΔP_{PV}) dan perubahan arus pada PV array (ΔI_{PV}), sesuai dengan dua waktu sampling yang bersamaan. Kedua input diproses oleh kontroler Fuzzy dan output dari kontroler Fuzzy adalah kenaikan arus referensi (ΔI_{ref}).

Output ini diberikan kepada DC/DC converter. Sehingga, selama kondisi transien, kontroler logika Fuzzy memberikan arus output referensi yang lebih besar untuk mempercepat respon tapi juga memberikan arus output mendekati nol saat referensi berada di dekat daya maksimum untuk mengurangi osilasi di sekitar MPP.

Algoritma Fuzzy melacak daya maksimum berdasarkan aturan utama: "Jika perubahan terakhir pada arus referensi (ΔI_{ref}) telah menyebabkan peningkatan daya, maka arus referensi dinaikan pada arah yang sama, sebaliknya arus referensi (ΔI_{ref}) telah menyebabkan penurunan daya, maka arus referensi dinaikan pada arah yang berlawanan".



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Input dan Output

Semesta pembicaraan untuk variabel input 1 (ΔP_{pv}) dibagi menjadi tujuh set Fuzzy: PB (Positive Big), PM (Positif Medium), PS (Positif Kecil), ZZ (Zero), NS (Negatif Kecil), NM (Negatif menengah) dan NB (Negatif Big). Semesta pembicaraan untuk variabel input 2 (ΔI_{pv}) dibagi menjadi 3 set Fuzzy: N (Negatif), Z (Zero) dan P (Positif).

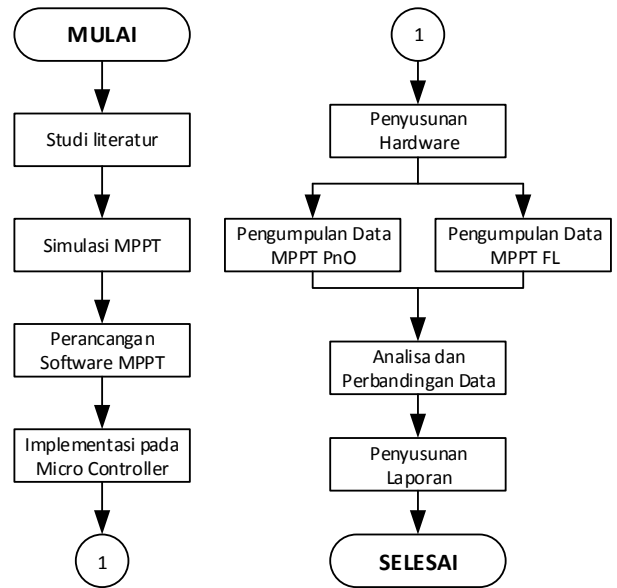
Semesta pembicaraan untuk variable Output (ΔI_{ref}) dibagi menjadi 7 set Fuzzy: PB (Positive Big), PM (Positif Medium), PS (Positif Kecil), ZZ (Zero), NB (Negatif Big), NM (Negatif menengah) dan NS (Negatif Kecil).

Dua input diproses oleh kontroler Fuzzy dan output dari kontroler Fuzzy adalah kenaikan arus referensi (ΔI_{ref}), yang bervariasi besar dan polaritasnya tergantung pada wilayah operasi kurva $P_{(PV)}$ v/s $I_{(PV)}$. Outputnya adalah arus referensi ke *DC/DC Converter*.

II. Metode Penelitian

2.1 Tahapan Penelitian

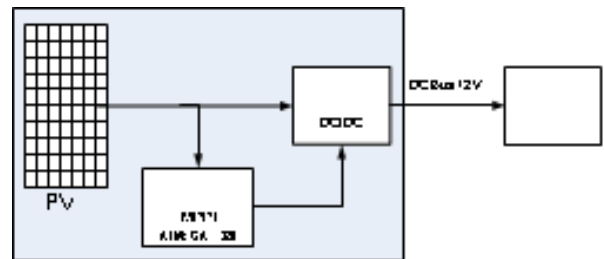
Penelitian akan dilakukan melalui tahapan-tahapan penelitian sebagaimana ditunjukkan pada blok diagram pada berikut ini:



Gambar 5. Alur Diagram Penelitian

2.2 Pemodelan Sistem PV

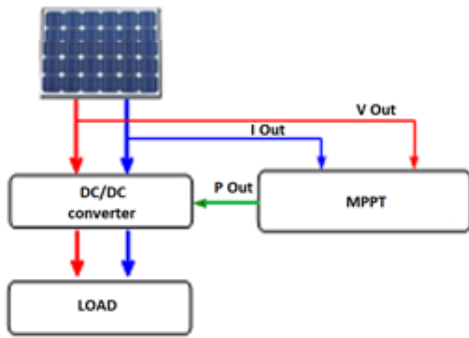
Penelitian ini merupakan bagian awal dari sebuah system PV lengkap yang terdiri dari PV, MPPT, Converter/Inverter, Battery/Battery charger dan Load sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 6. Pemodelan sistem MPPT pada PV

2.3 Pemodelan dan Rancangan dc/dc Converter

Data yang akan dikumpulkan dan digunakan pada penelitian ini adalah: tegangan keluaran PV (V), arus keluaran PV (I), dan data perhitungan daya (P) keluaran MPPT. Data data tersebut akan diolah menggunakan algoritma P&O dan kontroler logika Fuzzy yang nantinya digunakan untuk menentukan *duty cycle* sinyal PWM yang akan diberikan kepada *DC/DC converter*.



Gambar 7. Rancangan Penelitian

2.4 Perhitungan Daya Masukan dan Daya Keluaran

Tabel 2.1. Spesifikasi Panel Surya(PV)

Parameter	Specification
Maximum Power (Pmax)	100 w
Voltage at Pmax (Vmp)	17.6 V
Current at Pmax (Imp)	5.7 A
Short Circuit Current (Isc)	6.06 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22.0 V

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (daya input), di mana daya tersebut adalah perkalian antara arus input dan tegangan input hasil keluaran PV Module dengan persamaan 2-1.

$$P_{in} = I_{in} \times V_{in} \dots\dots\dots(2-1)$$

Keterangan:

- P_{in}*: Daya Input keluaran PV Module (Watt)
- I_{in}*: Arus Input keluaran PV Module/*I_(PV)* (Ampere)
- V_{in}*: Tegangan Input keluaran PV Module/*V_(PV)* (Volt)

Sedangkan untuk besarnya daya keluaran DC/DC Converter adalah hasil perkalian arus output serta tegangan output DC/DC Converter dan dapat dihitung dengan persamaan 3-2.

$$P_{out} = I_{out} \times V_{out} \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan:

- P_{out}*: Daya keluaran DC/DC Converter (Watt),
- I_{out}*: Arus keluaran DC/DC Converter/*I_(DC/DC)* (Ampere)
- V_{out}*: Tegangan keluaran DC/DC Converter/*V_(DC/DC)* (Volt)

Sehingga didapatkan besar efisiensi PV Module yang merupakan perbandingan daya output dengan daya input seperti pada persamaan 3-3.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-3)$$

Keterangan:

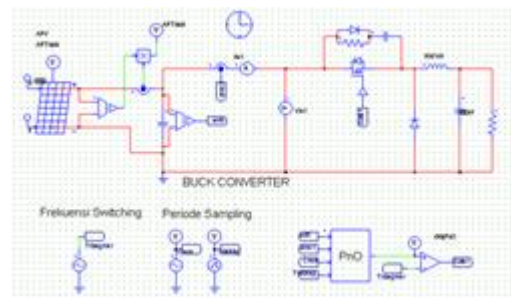
η sesaat : Efisiensi solar cell (%)

Tegangan output DC/DC converter ditentukan oleh Duty Cycle sinyal PWM yang merupakan hasil perhitungan dari Algoritma P&O dan Kontroler Logika Fuzzy. Dari kedua output ini dapat dibandingkan efisiensi daya listrik yang didapatkan melalui kedua MPPT tersebut, sehingga kita dapatkan MPPT yang paling sesuai dengan tujuan dari pelaksanaan penelitian ini.

III. Hasil dan Pembahasan

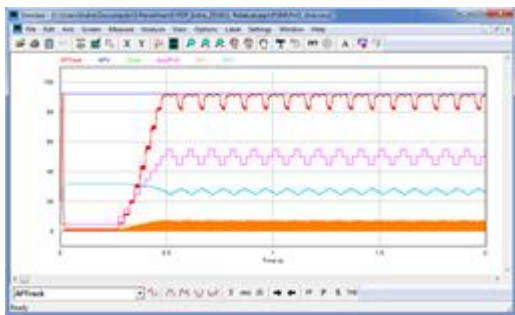
3.1 Pembuatan Simulasi

Penelitian ini disimulasikan dengan menggunakan software PSIM untuk mendapatkan gambaran topologi MPPT terbaik (gambar 8). Topologi MPPT, DC/DC converter, variasi iradiasi sinar matahari terhadap PV dan variasi resistansi beban disimulasikan untuk kemudian dibandingkan dengan hasil yang didapatkan secara Hardware.



Gambar 8. Simulasi Rancangan Penelitian

Hasil simulasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa metode MPPT Fuzzy Logic mempunyai 1.5 % hingga 3% daya listrik lebih besar daripada MPPT PnO, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Simulasi MPPT PnO dan FL

3.2 Pembuatan Hardware

Sebagai validasi dari simulasi yang telah dilakukan, maka dirancanglah Hardware dari simulasi tersebut dengan menggunakan mikro controller AT Mega 318. Input daya dari panel surya (PV).

Pemasangan PV dipilih pada lokasi yang tertinggi, sehingga diharapkan variasi tegangan akibat bayangan gedung dan sebagainya dapat diminimalisir. Pemasangan PV pada penelitian ini ditampikan pada gambar 10.



Gambar 10. Pemasangan panel surya 2x100WP

Variasi tegangan listrik dari PV yang masih terjadi akibat cuaca, temperature dan sebagainya, perlu disesuaikan levelnya dengan level tegangan yang diperlukan oleh beban. Penyesuaian level tegangan ini dilakukan dengan menggunakan DC/DC converter.

DC/DC converter ini adalah merupakan rangkaian Buck/Boost converter yang tegangan keluarannya

ditentukan oleh sinyal input berupa pulsa persegi dengan Duty Cycle (DC) tertentu. Range optimal dari DC dalam penelitian ini adalah 30% sampai 70%. Bila tegangan PV lebih kecil dari pada kebutuhan pada beban maka DC/DC converter berperan sebagai boost converter dan MPPT akan memberikan DC lebih besar dari 50%. Dan sebaliknya, apabila tegangan PV lebih besar dari pada kebutuhan pada beban, maka MPPT akan memberikan DC lebih kecil dari 50%. Dengan kondisi ini, maka kestabilan tegangan yang diperlukan oleh beban akan tetap terjaga. Gambar 11 menunjukkan pengujian DC/DC converter sebelum pemasangan sesungguhnya dengan menggunakan PV. DC/DC converter tersebut di uji dengan menggunakan beberapa DC yang berbeda (30%-70%), untuk memastikan fungsi dan kestabilan performa dari DC/DC converter tersebut.



Gambar 11. Pengujian DC/DC converter

Setelah DC/DC converter selesai di uji dan dapat digunakan, maka tahap berikutnya adalah merangkai hardware secara lengkap (gambar 12). Dengan menggunakan resistansi beban yang bervariasi sehingga didapatkan hasil daya dari MPPT PnO dan Fuzzy sebagaimana ditunjukkan pada gambar 13.

Dalam penelitian ini, hasil pengukuran daya output system dengan menggunakan MPPT Perturb and Observe (PnO) dan MPPT Fuzzy Logic Controller (FLC), didapatkan hasil yang tidak berbeda signifikan, dimana MPPT FLC mendapatkan daya 5.61 % lebih besar bila dibandingkan dengan MPPT PnO. Dan Titik resistansi beban yang menghasilkan daya terbesar didapatkan pada

resistansi beban 1 ohm. Grafik hasil pengukuran daya ini ditampilkan pada gambar 14.

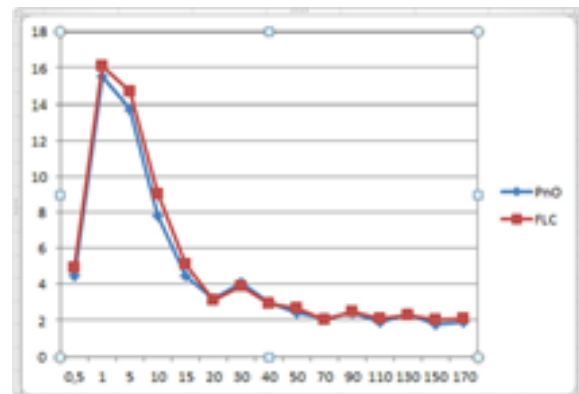


Gambar 12. Hardware MPPT

3.3 Hasil Pengukuran Daya

R Beban	Daya Output PnO	Daya Output FLC
0,5	4,5	4,9
1	15,5	16,1
5	13,7	14,7
10	7,8	9
15	4,5	5,1
20	3,2	3,1
30	4,1	3,9
40	3	2,9
50	2,4	2,7
70	2,1	2
90	2,4	2,5
110	1,9	2,1
130	2,37	2,3
150	1,8	2
170	1,9	2,1
Daya Rata2 (watt)	4,74	5,03
Selisih Daya (Watt)*	0,28	
Penambahan Efisiensi (%)	5,61	

Gambar 13. Hasil Pengukuran Daya



Gambar 14. Grafik Hasil pengukuran Daya

IV. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. MPPT menggunakan controller Logika Fuzzy memberikan daya maksimum rata rata 5,61 % lebih besar dibandingkan MPPT menggunakan metode PnO.
2. Efisiensi MPPT secara keseluruhan masih kurang optimal, diperlukan desain DC/DC konverter yang lebih matang.
3. Diperlukan lebih banyak simulasi dan pengambilan data real pada irradiasi Sinar matahari yang lebih beragam sehingga hasil penelitian ini bisa menjadi lebih lengkap dan detail.

V. Daftar Pustaka

- [1] **Vipin Padmanabhan, Beena V, Jayaraju M**, Fuzzy Logic Based Maximum Power Point Tracker for a Photovoltaic System, IEEE International Conference on Power, Signals, Controls and Computation (EPSCICON), 3-6 Jan. 2012, page 1-6.
- [2] **A. Thenkani, Senthil Kumar**, Design of Optimum Power Point Tracking Algorithm For Solar Panel, IEEE International Conference on Computer, Communication and Electrical Technology – ICCET 2011, 18th & 19th March, 2011.
- [3] **Naville, Richacard C**. Solar Energy Conversion. Elsevier. USA. 1995.

- [4] **Walker, Geoff**, “*Evaluating MPPT Converter Topologies Using A Matlab PV Model*”, University of Queensland, Australia

- [5] **Azab, Mohamed**, “*A New Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Systems*”, International Journal of Electrical and Electronics Engineering, 2009.

- [6] **Mihnea Rosu-Hamzescu, Sergiu Oprea**, “*Practical Guide to Implementing Solar Panel MPPT Algorithms*”, AN1521, Microchip Technology Inc. 2013.

- [7] **Amber Scheurer, Ersuel Ago, Juan Sebastian Hidalgo, Steven Kobosko**, “*Photovoltaic MPPT Charge Controller*” , Group 10 , Senior Design 2, Spring 2012.

