

Optimasi Daya Pembangkit PV Kapasitas 10 KWp Berbasis Algoritma P&O dan Boost Converter Menggunakan *Matlab*

Maryani Aritonang¹⁾, Antonius Rajagukguk²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, ²⁾Dosen Teknik Elektro
Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru Panam,
Pekanbaru 28293

E-mail : maryani.braritonang@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Using solar panels as a power plant can reduce the dependence of fuel oil. To work always on maximum power points, Photovoltaic (PV) requires optimization method. For this reason, the authors are interested in discussing the optimization method of the PV array model using Maximum Power Point Tracking (MPPT) with the Perturbation & Observation (P & O) Algorithm and Boost Converter. In this case, PV capacity will be simulated on 10 kWp. That PV consists of 4 strings. Each strings consist of 10 PV modules. The output of PV modules will be forwarded to the Boost Converter circuit. Boost Converter want is controlled by P&O Algorithm. The voltage and current generated from the PV array modeling will be used by the P&O Algorithm as a reference. The function of P&O Algorithm is to track the Maximum Power Point (MPP) of the PV model. The result of tracking power by P&O Algorithm will be forwarded to Pulse Width Modulation (PWM) circuit as a duty cycle generator. Duty cycle signal will be forwarded to the switching tool contained in the converter circuit. By that control system, PV model expected has maximum power according to the voltage. Based on the results of power test by 1000 W/m² radiation, maximum power obtained is equal to 9967 Wp with 99.6 % efficiency at a voltage level of 400 volt. Therefore, it can be concluded that the design of the PV Array System using P&O Algorithm and the Boost Converter can work well.

Keywords : Model PV Array, P&O Algorithm, Boost Converter, Optimization

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan solusi untuk menggantikan pembangkit listrik menggunakan bahan bakar fosil. Energi terbarukan yang berlimpah di alam adalah sinar matahari. Sinar matahari dapat dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya atau biasa disebut dengan *Photo Voltaic* (PV). Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dalam cakupan yang cukup besar, diperlukan banyak modul PV. Modul PV disusun secara paralel maupun seri sehingga membentuk suatu PV *array* skala besar. PV *array* skala besar ini disebut dengan PV *farm*. Untuk mengoptimalkan pembangkit listrik PV farm dapat digunakan metode *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) . Metode tersebut digunakan sebagai penjejak daya yang dihasilkan PV farm selalu optimal. *Perturbation and Observation* (P&O) bekerja pada titik operasi yang bergerak menuju titik daya puncak pada PV (Yang & Zhao, 2011) (Antonius R., Ashari M., & Riawan

D. C., 2017). Pada penelitian ini, untuk mengoptimalkan tegangan keluaran dari PV farm digunakan rangkaian *boost converter*. *Boost converter* digunakan untuk menjaga tegangan tetap selama proses penjejukan daya berlangsung. Algoritma MPPT P&O menghasilkan *duty-cycle*. *Duty Cycle* berfungsi sebagai pembangkit sinyal pengendali *switching* pada rangkaian *boost converter*, untuk mendapatkan tegangan *output* yang diharapkan dari *DC-DC Converter* berdasarkan tegangan *input*. *Duty cycle* membutuhkan sinyal kontrol PWM (*Pulse With Modulation*) sebagai sinyal pembawa (Mazta, Samosir, & Haris, 2016) (Antonius R., Ashari M., & Riawan D. C., 2014).

Namun saat ini, di Indonesia penggunaan PV masih terbatas. Salah satu yang menjadi penyebabnya adalah listrik yang dihasilkan oleh PV tidak stabil serta membutuhkan biaya investasi awal yang tinggi. Untuk menghemat bahan bakar

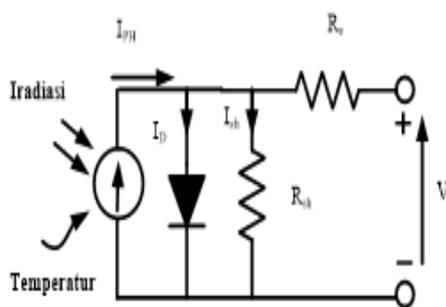
seperti pada pembangkit listrik lain, maka PV dapat dihubungkan ke inverter. Untuk menyuplai inverter, PV harus memiliki tegangan keluaran hingga 400 Vdc. Berdasarkan pemaparan, potensi, dan permasalahan yang telah dijelaskan maka pada penelitian ini akan dibahas suatu sistem pembangkit PV kapasitas 10 KWp berbasis Algoritma P&O dan Boost Converter. Adapun tujuan dari penelitian ini dilakukan dalam rangka mengoptimalkan keluaran daya sistem pembangkit PV tersebut.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Panel Surya

Salah satu bentuk sumber energi yang sangat berpotensi untuk masa depan adalah *photovoltaic* (PV). PV memiliki ketersediaan energi primer yang tidak terbatas dan karakteristik yang bebas polusi (ramah lingkungan). Namun demikian, *photovoltaic* masih perlu diteliti dan dikembangkan agar menghasilkan konversi energi yang memiliki efisiensi lebih besar. Panel surya terdiri dari bagian yang lebih kecil yang dinamakan sel surya. Sel surya tersebut terhubung secara seri dan paralel untuk mendapat nilai tegangan dan arus yang dibutuhkan (Kosyachenko, 2011). Kumpulan dari banyak sel surya disebut modul atau panel surya.

Dalam perkembangannya, model PV tidak sesederhana seperti yang diperlihatkan akan tetapi ada beberapa parameter yang harus ditambahkan sehingga model PV semakin mendekati dengan kondisi sebenarnya, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Sederhana Panel Surya

Penambahan parameter tersebut antara lain :

- Arus saturasi dioda (I_D) tergantung pada temperatur.
- Arus *photocurrent* (I_{PH}) tergantung pada suhu.

- Hambatan seri (R_s) membentuk tegangan pada saat *open circuit*.
- Hambatan paralel (R_{sh}) tahanan dalam dioda.

Persamaan dasar dari suatu PV dapat dirumuskan dengan Persamaan 1 (Hieu & Phuong, 2015) :

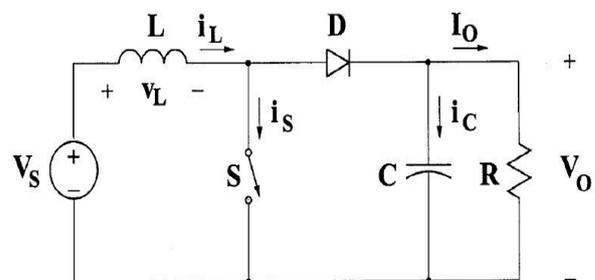
$$I = I_{PH} - I_D \left[e^{\left(\frac{V + IR_s}{nKT} \right)} - 1 \right] - \left(\frac{V + IR_s}{R_{sh}} \right) \quad (1)$$

dimana :

- I : Arus keluaran PV (Ampere).
- I_{PH} : Efek *photocurrent* yang terbangkit pada PV (Ampere).
- I_D : Arus saturasi dioda.
- q : Muatan elektron = $1,6 \times 10^{-19}$ (Coulomb).
- K : Konstanta Boltzman (Joule/kelvin).
- T : Temperatur sel (Kelvin).
- R_s : Resistansi seri (Ohm).
- R_{sh} : Resistansi paralel (Ohm).
- V : Tegangan luaran PV (Volt).
- n : adalah faktor kualitas dioda yang bernilai antara 1 dan 2

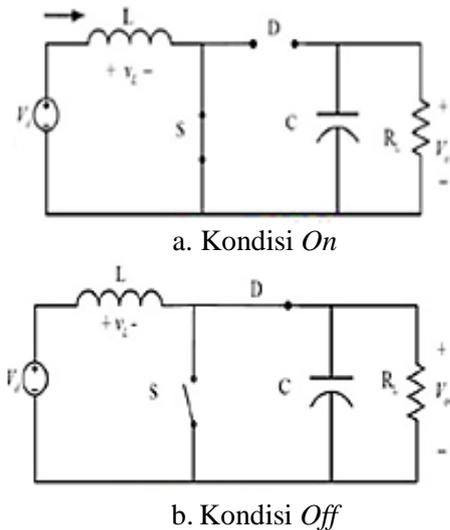
2.2. Boost Converter

Boost Converter merupakan sebuah penaik tegangan DC. *Boost converter* digunakan ketika tegangan yang dibutuhkan oleh suatu perangkat atau rangkaian elektronik lebih tinggi dari tegangan supply yang tersedia. Dengan syarat tegangan *output* selalu lebih besar dari tegangan *input*. Dan tegangan *output* mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan *input*. Untuk topologi dari *Boost Converter* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Topologi *Boost Converter* (Hart, 2010)

Dari Gambar 2 dapat di jelaskan cara kerja dari *Boost Converter*. Di dalam rangkaian *Boost Converter* terdapat dua kondisi. Kondisi rangkaian dalam keadaan *on* dan dalam keadaan *off*. Kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kondisi Rangkaian Dalam Keadaan On dan Off (Hart, 2010)

Persamaan untuk menentukan dutycycle dapat dilihat pada Persamaan 2 (Hart, 2010).

$$\text{Duty-cycle (D)} = \frac{T_{\text{on}}}{T_{\text{on}}+T_{\text{off}}} = \frac{T_{\text{on}}}{T} = T_{\text{on}} \cdot F \quad (2)$$

Pertama mencari nilai *duty cycle* untuk menentukan besar tegangan keluaran yang diinginkan menggunakan Persamaan 3.

$$D = 1 - \frac{V_s}{V_o} \quad (3)$$

Kemudian besar beban yang melewati rangkaian *Boost Converter* dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$R = \frac{V_o}{I_o} \quad (4)$$

Nilai minimum induktansi dari induktor *Boost Converter* dihitung menggunakan Persamaan 5.

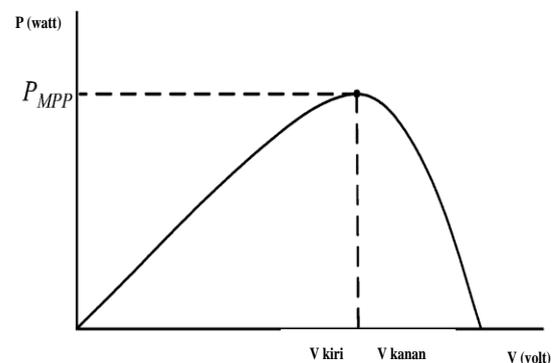
$$L_{\text{min}} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \quad (5)$$

Nilai L harus lebih besar dari nilai L minimum. Untuk mencari nilai kapasitor dihitung menggunakan Persamaan 6.

$$C = \frac{V_o D}{R \Delta V_o f} \quad (6)$$

2.3. Maximum Power Point Tracking

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah metode yang digunakan untuk menjaga sistem *photovoltaic* bekerja dalam *maximum power point* (MPP). MPPT akan mempertahankan *output* pada daya tertingginya, yaitu pada *Voltage Maximum Power* (V_{mp}) dan *Current Maximum Power* (I_{mp}). Untuk mempertahankan sistem dapat tetap bekerja pada MPP, maka metode MPPT telah banyak dikembangkan seperti salah satunya Algoritma *Perturb and Observe* (P&O). Berdasarkan kurva karakteristik I-V dan P-V dapat diketahui bahwa kerja PV tidak linier dan dinamis sesuai perubahan nilai intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan PV dan temperatur pada permukaan PV. Gambar 4 menjelaskan grafik karakteristik dari MPPT.



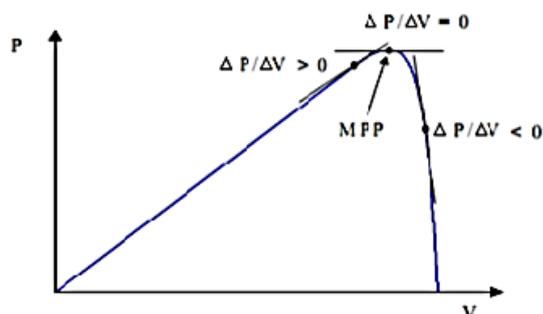
Gambar 4. Prinsip kerja MPPT Berbasis P&O (Prinanda & Sulistyowati, 2015)

Gambar 4 memperlihatkan bahwa titik daya maksimum P_{MPP} membagi wilayah tegangan V menjadi dua area yakni, area V kiri dan V kanan. Metode P&O memperoleh nilai P_{MPP} dengan melakukan pergeseran nilai tegangan V kearah kiri dan kanan. Ketika Algoritma P&O bekerja menggeser tegangan V kearah kanan dan terjadi peningkatan nilai daya maka peturbasi berikutnya harus tetap sama yakni menggeser V kearah kanan untuk mencapai MPP. Namun jika terjadi penurunan daya, peturbasi harus dibalik.

Penelitian ini menggunakan Algoritma P&O sebagai algoritma kontrol MPPT karena

komputasi yang mudah dan cepat. Algoritma ini mengacu pada karakteristik P-V dari PV yang digunakan. Terdapat tiga jenis titik yang berada pada tiga buah posisi. Posisi $\Delta P/\Delta V$ dapat dilihat pada Gambar 5.

Di sebelah kiri puncak adalah titik yang dirumuskan secara matematis $\Delta P/\Delta V > 0$, titik puncak kurva adalah $\Delta P/\Delta V = 0$ dan di sebelah kanan titik puncak $\Delta P/\Delta V < 0$.



Gambar 5. Posisi $\Delta P/\Delta V$ yang Berbeda Pada Kurva Daya PV (Prinanda & Sulistyowati, 2015)

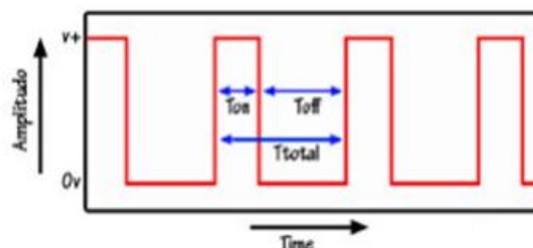
Gambar 5 memperlihatkan salah satu kurva panel P-V yang mempresentasikan dasar dari metode Algoritma P&O. MPP menunjukkan daerah dengan nilai maksimum. Dan sebaliknya, jika nilai sinyal (*slope*) negatif, maka tegangan panel surya akan turun. Arah *slope* ditentukan dengan perbandingan ΔP dan ΔV . Dengan karakteristik dari konverter boost didapatkan ketetapan arah dari *duty cycle*. Bila hasil perbandingan (*slope*) positif, maka nilai tegangan ditambah. Bila menghasilkan nilai negatif, maka nilai tegangan dikurangi. Apabila *duty cycle* dikurangi, maka tegangan akan bertambah. Dan apabila *duty cycle* dikurangi, maka tegangan akan berkurang. Dengan menentukan *slope* maka didapatkan referensi *duty cycle* yang baru.

2.4. Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) adalah sebuah cara memanipulasi lebar pulsa dalam suatu perioda. PWM digunakan untuk mendapat tegangan rata-rata yang berbeda dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low. Lebar pulsa berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi dan dapat diartikan bahwa PWM memiliki nilai frekuensi tetap namun nilai *duty cycle* yang bervariasi. *Duty cycle* merupakan

kondisi dari sinyal logika *high* dan sinyal logika *low* dalam suatu periode sinyal di nyatakan dalam bentuk (%) dengan *range* 0% sampai 100%. (Hadisyahputra & Marpaung, 2017).

Sinyal PWM dapat dilihat pada Gambar 6.

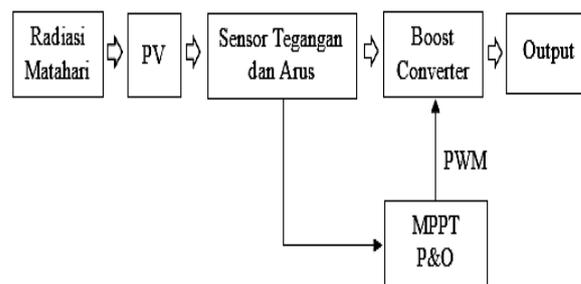


Gambar 6. Sinyal PWM (Sirait & Matalata, 2018)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Blok Diagram Rancangan Sistem

Blok diagram rancangan sistem dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.



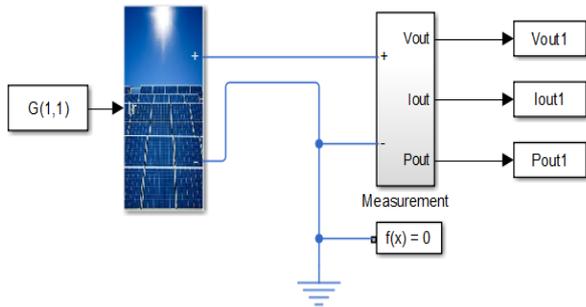
Gambar 7. Blok Diagram Rancangan Sistem

Gambar 7 menjelaskan bahwa pembangkitan listrik dari PV array diukur melalui sensor tegangan dan arus. Hasil pengukuran akan menjadi *input* terhadap rangkaian *Boost Converter*. *Boost Converter* digunakan untuk menjaga tegangan pada sisi keluaran tetap tinggi. Hasil perubahan tegangan dan arus dari panel yang diterima oleh sensor tegangan dan arus kemudian dikirim untuk diproses pada Algoritma P&O. Perkalian dari perubahan tegangan dan arus disebut perubahan daya. Agar perubahan daya tetap stabil maka *duty cycle* pada Algoritma P&O akan bekerja. *Duty cycle* akan menyulut *switch* melalui PWM. *Switch* pada rangkaian *Boost Converter* bekerja agar tegangan keluaran yang diperoleh tetap pada *range* yang diinginkan.

3.2. Perancangan Modul PV Simulink 10 kWp

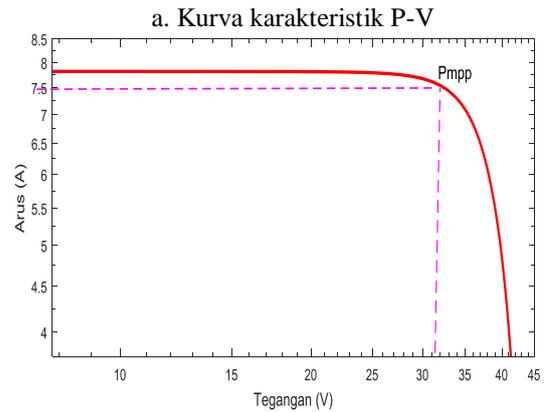
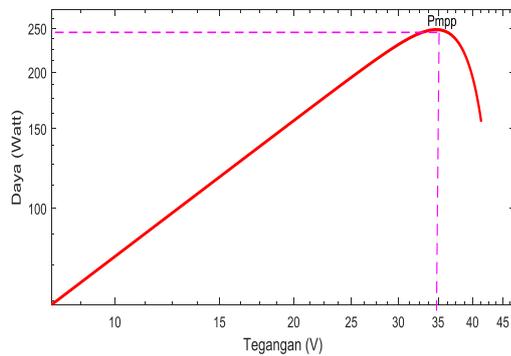
Spesifikasi panel surya yang digunakan adalah 250 Wp, dengan tegangan *output* puncak 35 Vdc dan arus *output* puncak 7.15 A.

Gambar 8 menunjukkan tipe modul surya yang akan digunakan dalam simulasi.



Gambar 8. Simulasi modul PV

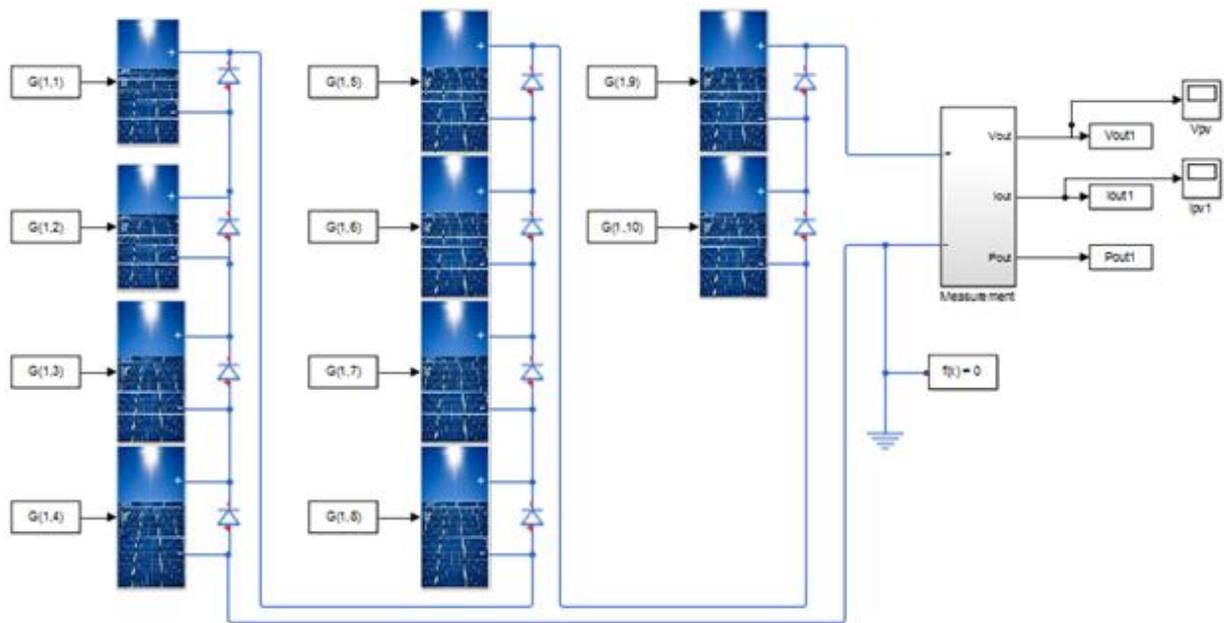
Hasil simulasi modul PV ditunjukkan pada Gambar 9.



a. Kurva karakteristik P-V

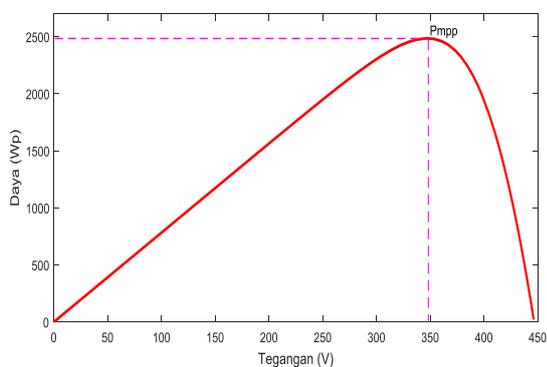
b. Kurva karakteristik I-V
Gambar 9. Kurva karakteristi Hasil simulasi modul PV

Untuk mencapai daya yang lebih besar, maka modul PV dapat dirangkai secara seri paralel. Sesuai dengan Gambar 10, modul PV dirangkai secara seri sebanyak 10 buah sehingga menghasilkan daya sebesar 2500 Wp. Berdasarkan kurva karakteristik pada gambar 11, nilai arus pada saat daya maksimum adalah sebesar 7 A dengan tegangan sebesar 350 Volt.

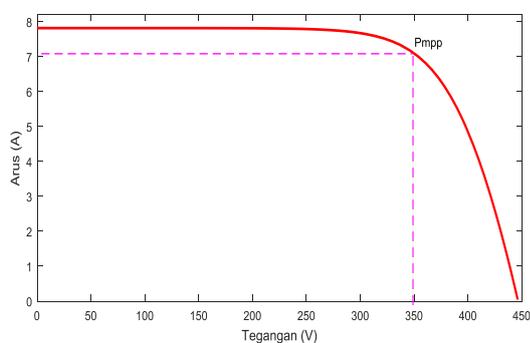


Gambar 10. Simulasi String PV

Hasil simulasi String PV ditunjukkan pada Gambar 11.



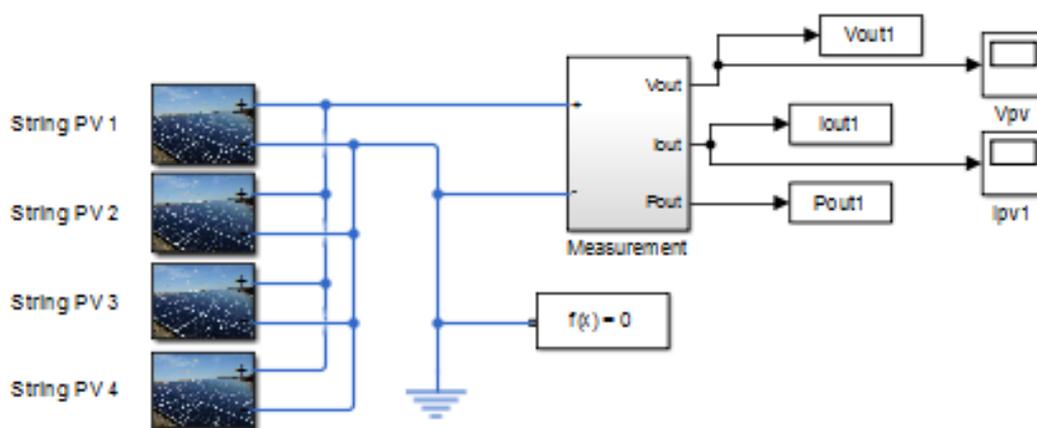
a. Kurva Karakteristik P-V



b. Kurva Karakteristik I-V

Gambar 11. Kurva Karakteristik Hasil Simulasi String PV

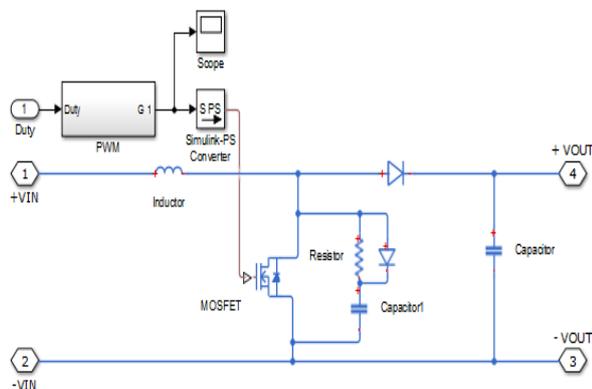
Untuk mencapai daya 10 kWp dari PV Farm, maka PV disusun secara *array* dengan menggabungkan panel secara seri dan paralel. Modul PV yang telah disusun secara *string* dimasukkan ke dalam satu *subsystem* untuk mempermudah dalam melakukan hubung paralel pada tiap tiap *subsystem* yang berisi modul PV string. Gambar 12 merupakan pemodelan panel surya dengan kapasitas 10 kWp. Simulasi model PV *array* menghasilkan kurva karakteristik. Kurva karakteristik tersebut akan dibahas pada hasil dan kesimpulan.



Gambar 12. PV Array 10 kWp

3.3. Perancangan Boost Converter

Perancangan *converter* dilakukan untuk mencapai tegangan sebesar 380 – 400 Vdc. *Converter* ini dirancang untuk menjaga tegangan tetap selama poses penjejakan daya berlangsung. Oleh karena itu, *Boost Converter* dikombinasikan menggunakan Algoritma MPPT P&O. Algoritma tersebut menghasilkan *duty cycle* sebagai pengendali *switching* pada *Boost Converter*. Gambar 13 menunjukkan pemodelan rangkaian *Boost Converter* yang digunakan dalam simulasi.



Gambar 13. Rangkaian *Boost Converter* pada Simulink

Dalam merancang rangkaian *Boost Converter*, diperlukan nilai induktor dan kapasitor sebagai berikut :

- a. Nilai Induktor sesuai dengan Persamaan 5.

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f}$$

$$L_{min} = \frac{0.12(1-0.12)^2 16}{2 \times 20000}$$

$$L_{min} = 3.8281 \times 10^{-5} \text{ H}$$

- b. Nilai Kapasitor sesuai dengan Persamaan 6.

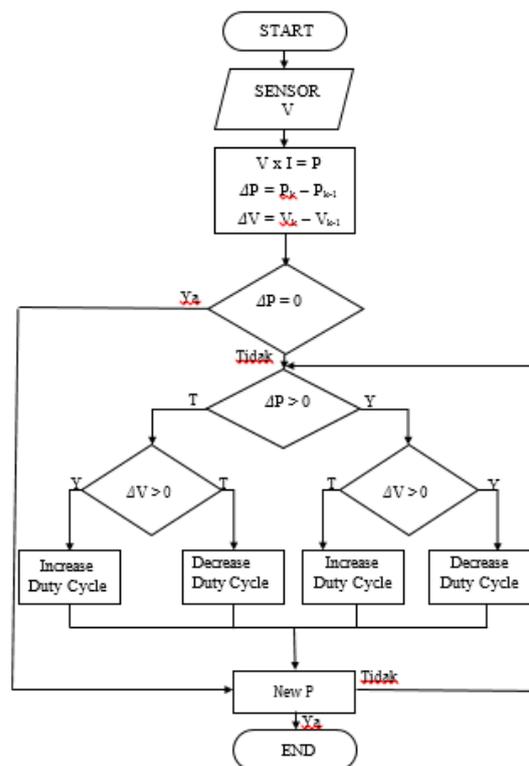
$$C = \frac{V_o D}{R \Delta V_o f}$$

$$C = \frac{400 \times 0.12}{16 \times 0.01 \times 20000}$$

$$C = 0.015625 \text{ F}$$

3.4. Perancangan Mekanisme P&O

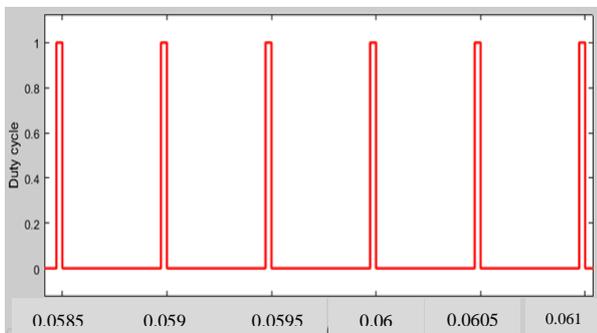
Algoritma P&O yang dimuat dalam sebuah *subsystem* pada *matlab* sebagai pengontrol *duty cycle* ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Flowchart MPPT Algoritma P&O

Gambar 14 menunjukkan diagram alir teknik P&O. Dari diagram alir diketahui saat tidak ada perubahan daya, rasio *duty cycle* tidak berubah. Jika ada kenaikan daya dan tegangan, rasio *duty cycle* akan dikurangi. Jika ada kenaikan daya tetapi tegangan tetap atau turun, rasio *duty cycle* ditambah. Jika daya dan tegangan panel surya turun, maka rasio *duty cycle* dikurangi. Jika daya menurun tetapi tegangan naik, rasio *duty cycle* ditambah.

Duty cycle berfungsi sebagai pembangkit sinyal pengendali *switching* pada rangkaian *Boost Converter*. *Duty cycle* membutuhkan sinyal kontrol PWM sebagai sinyal pembawa. *Duty cycle* dari algoritma P&O ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. *Duty Cycle*

Algoritma MPPT P&O digunakan dalam penelitian ini untuk mengoptimalkan daya keluaran dari PV *Farm* yang dirancang. Program Algoritma P&O yang akan digunakan ditunjukkan pada Program 1.

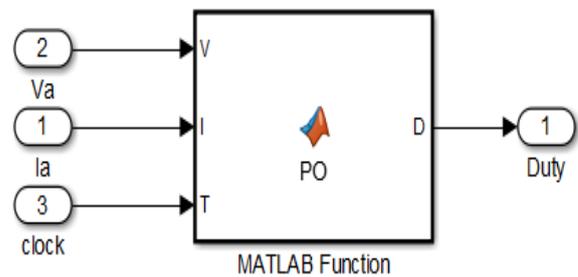
```

D=d+dd;
if D<0.01
    D=0.01;
    d=D;
else
    if D>0.99
        D=0.99;
        d=D;
    else
        end

```

Program 1. Program Algoritma P&O

Program 1 menjelaskan pembacaan delta daya atau selisih daya. Program tersebut dimasukkan ke dalam blok sistem seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Perancangan MPPT Algoritma P&O

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Data Parameter Pengujian Model PV

Pada penelitian ini parameter modul PV yang digunakan terlihat pada Tabel 1. Parameter modul PV disesuaikan berdasarkan parameter modul PV yang terdapat dipasaran.

Tabel 1. Parameter Modul PV 250 Wp

Parameter	Nilai
Isc	7.82 A
Voc	0.6202 V
Rs	5.10E-03
Pout	250 watt
Vout	35.86 V

Dari Tabel 1 dapat dilihat tiap modul PV menghasilkan tegangan sebesar 0.6202 Volt. Dan menghasilkan arus sebesar 7.82 A pada saat *short circuit*. Dari parameter tersebut penulis dapat menentukan jumlah modul yang dipakai untuk mencapai daya sebesar 10 kWp.

4.2. Parameter Boost Converter

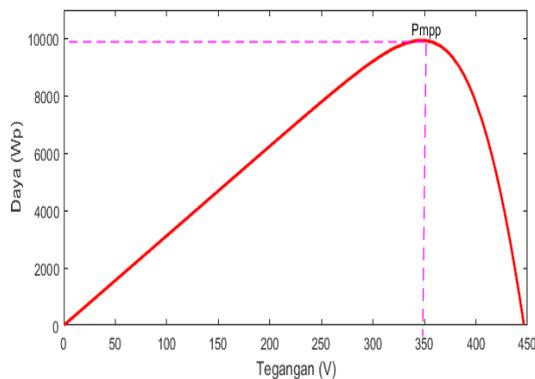
Sesuai dengan perhitungan yang dilakukan maka parameter *Boost Converter* dapat dilihat pada Tabel 2. Dengan frekuensi 20 KHz, nilai induktor dan kapasitor yang digunakan masing-masing sebesar 3.1264e-5 H dan 0.01771714 F.

Tabel 2. Parameter Boost Converter

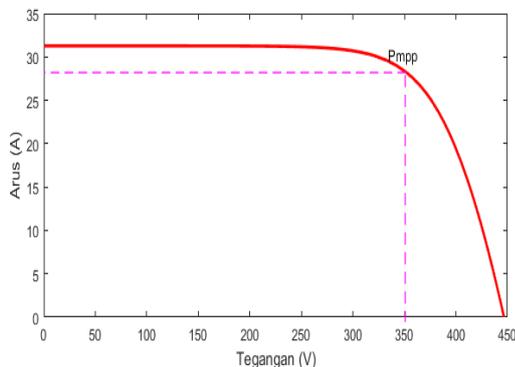
Parameter	Nilai
Induktor	3.12624e-5 H
Kapasitor	0.01771714F
Frekuensi Switching	20000

4.3. Pengujian Simulasi Model PV Farm

Uji simulasi dilakukan menggunakan parameter dengan memberikan intensitas cahaya atau dikenal dengan sebutan radiasi (G). Adapun besar radiasi yang diberikan pada simulasi untuk mendapatkan kurva karakteristik modul PV berturut-turut adalah 1000 W/m², 800 W/m², 600 W/m², 400 W/m², dan 200 W/m². Kurva karakteristik ditunjukkan pada Gambar 17 dan Gambar 18..



Gambar 17. Kurva Pmax PV Farm



Gambar 18. Kurva I-V PV Farm

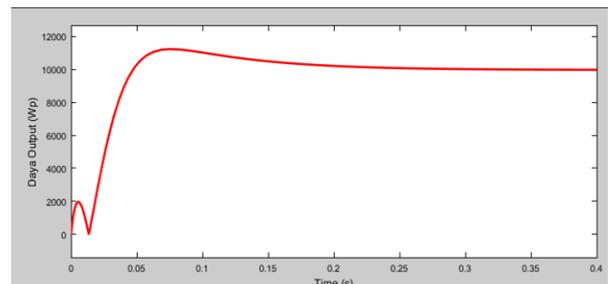
Dari Gambar 17 dan 18 diperoleh nilai daya, arus, dan tegangan yang menjadi titik pembanding terhadap *duty cycle*. Dari uji simulasi yang dilakukan, didapat hasil sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Karakteristik Model PV

Iradiasi	Input (A)	Vinput (V)	Pinput (Wp)
1000	28.5	350	9975
800	23.5	340	7990
600	18	335	6030
400	12	335	4020
200	5.8	335	1943

4.4 Hasil Pengujian Model PV Array Menggunakan MPPT P&O

Setelah melakukan pengujian dengan nilai masing-masing komponen yang telah ditetapkan, PV akan menghasilkan daya output yang berbeda ketika terkena jumlah radiasi matahari yang berbeda dengan suhu yang tetap. Kurva hasil uji simulasi model PV pada radiasi 1000 W/m² ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Daya Output Radiasi 1000 W/m²

Tabel 5 menunjukkan data hasil uji simulasi disain PV menggunakan MPPT P&O dan *Boost Converter* dari masing-masing radiasi yang sudah ditentukan. Dengan jumlah radiasi yang paling maksimum, maka PV Array menghasilkan daya maksimum sebesar 9962.385 Wp. Daya tersebut berkurang jika PV Array menerima jumlah radiasi yang berbeda.

Tabel 5. Hasil Uji Simulasi Menggunakan MPPT P&O dan *Boost Converter*

Iradiasi	Vout (V)	Iout (A)	Pout (Wp)
1000	397.7	25.05	9962.385
800	396.4	20	7928
600	394.3	15	5914.5
400	391.1	10.1	3950.11
200	388.7	4.9	1904.63

4.5 Efisiensi Daya yang dihasilkan PV menggunakan MPPT P&O dan Boost Converter

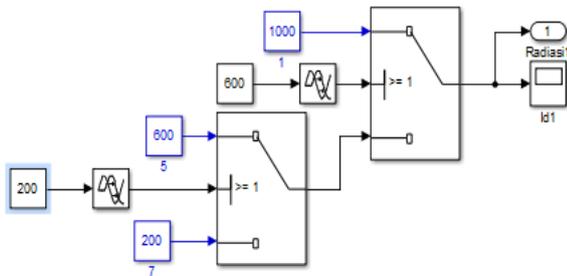
Tabel 6 menunjukkan efisiensi daya yang diperoleh dari hasil simulasi. Penggunaan mekanisme MPPT P&O dapat mengetahui efisiensi dari suatu panel. PV Array dapat menghasilkan daya maksimum sesuai dengan daya *input* yang diterima.

Tabel 6. Efisiensi Daya

Iradiasi	Pinput (Wp)	Pout (Wp)	Efisiensi (%)
1000	9975	9962.385	99.8
800	7990	7928	99.2
600	6030	5914.5	98.08
400	4020	3950.11	98.26
200	1943	1904.63	98.02

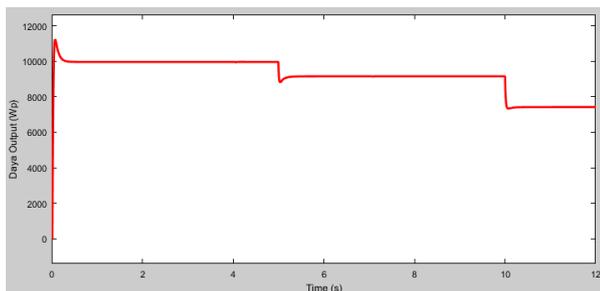
4.6 Hasil Pengujian Model PV Array Menggunakan Radiasi Berbeda

Untuk mengetahui titik kerja MPPT, maka dilakukan pengujian PV array terhadap radiasi yang berbeda seperti pada Gambar 20.



Gambar 20. Radiasi berbeda pada PV array

Radiasi yang berbeda tersebut menghasilkan kurva karakteristik seperti pada Gambar 21. Sesuai dengan jumlah radiasi yang berbeda, maka PV akan menghasilkan daya yang berbeda pula.



Gambar 21. Kurva Karakteristik Daya Output

Radiasi yang diberikan pada PV Array tersebut adalah 1000 W/m^2 , 800 W/m^2 , 600 W/m^2 . Daya yang diperoleh masing-masing sesuai urutan radiasi yaitu sebesar 10000 Wp, 9000 Wp, dan 7900 Wp.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapati simpulan dari hasil penelitian sebagai berikut :

1. Jumlah radiasi yang diterima mempengaruhi jumlah daya *output* dari PV Array.
2. Dengan adanya mekanisme MPPT P&O PV Array dapat mencapai titik daya maksimum sebesar 9962.385 Wp dengan efisiensi sebesar 99.8 %.

5.2. Saran

1. Untuk mendapat efisiensi yang baik dari PV perlu dilakukan penelitian menggunakan algoritma yang berbeda. Algoritma tersebut antara lain *Incremental Conductance*, *Smart Algorithm*, *Fire Fly*, dan lainnya.
2. Karena didapati osilasi pada tegangan keluaran *Boost Converter* maka perlu ditambahkan sebuah regulator pengecasan untuk menstabilkan tegangan keluaran dari konverter.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonius R., Ashari M., & Riawan D. C. (2014). Maximum Power Point Control fo Stand Alone Photovoltaic System Using Fuzzy Sliding Mode Control. *International Conference on Informtion Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE)* (pp. 377-382). Surabaya: IEEEExplore.
- Antonius R., Ashari M., & Riawan D. C. (2017). Prototype of Power Optimization Based on Converter Topologies Reconfiguration Using PV String Smart Clustering Method for Static Miniature Photovoltaic Farm Under Partially Shaded Condition. *International Review of Automatic Control (I.R.E.A.CO.)*, (pp. Vol. 10, No. 4). Surabaya.
- Hadisyahputra, F., & Marpaung, N. L. (2017). PERANCANGAN CATU DAYA DENGAN PENAMBAHAN PANEL SURYA PADA SMART TRAFFIC LIGHT. *Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2* (pp. 1-8). Pekanbaru: Universitas Riau.
- Hart, D. W. (2010). *Power Electronics*. New York: McGraw-Hill.
- Hieu, X., & Phuong, M. (2015). Mathematical modeling of photovoltaic cell/module/arrays with tags in Matlab/Simulink. *Enviromental System Research a Springer Open Journal*. China.

- Kosyachenko, L. A. (2011). *Solar Cell – Silicon Wafer – Based Technologies*. Croatia: InTech.
- Mazta, A. M., Samosir, A. S., & Haris, A. (2016). Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro* (pp. 21-29, Volume 10, No. 1, Januari). Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Prinanda, C. W., & Sulistyowati, R. (2015). *Analisis dan Simulasi Metode Hill Climbing Untuk Mximum Power Point Tracker (MPPT) pada Photovoltaic Statis*. Surabaya: ISBN 978-602-98569-1-0 Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Sirait, C. Y., & Matalata, H. (2018). Perancangan Boost Converter dengan LDR sebagai Pengendali Sinyal PWM Untuk Menaikkan Tegangan Panel Surya. *Journal of Electrical Power Control and Automation*, 39-44.
- Yang, Y., & Zhao, F. (2011). Adaptive Perturb and Observe MPPT Technique for Grid Connected Photovoltaic Inverter. *International Conference on Power Electronic and Engineering Application* (pp. 468-473). China: Elsevier.