

## PENINGKATAN KINERJA MPPT PADA DC HOUSE DALAM SISTEM DC MIKRO GRID

**Adhi Kusmantoro**

<sup>1</sup>Program Teknik Elektro, Universitas PGRI Semarang  
Email: [adhikusmantoro@upgris.ac.id](mailto:adhikusmantoro@upgris.ac.id)

### **ABSTRACT**

*As a renewable energy source, sunlight or solar energy is considered appropriate to become one of the alternative sources of electrical energy that can be used. This solar energy source is also a renewable energy that is most commonly used today and this solar energy can be converted into electrical energy. The aim of this research is to design MPPT (Maximum power point tracking) model with PV source. PI controller is used to improve MPPT performance, in regulating the boost converter. The research to be carried out is a type of simulation and modeling research, in which this research will prove the hypothesis based on testing the load using a tool in the form of an algorithm and hardware. The trial was carried out using the electric load in the house. Testing is also done by changing the intensity and heat of the solar energy source. The research result is in the form of an MPPT design model with PI control as a boost converter regulator. The results showed that the use of MPPT was able to improve the output voltage and power of the boost converter, so that with this method the output voltage of the boost converter was better when compared to other methods.*

**Keywords:** Boost Converter, PI Control, Photovoltaic, Microgrid

### **ABSTRAK**

Sebagai salah satu sumber energi yang bersifat terbarukan, sinar matahari atau energi surya ini dinilai tepat untuk menjadi salah satu sumber energi listrik alternatif yang dapat digunakan. Sumber energi surya ini juga merupakan energi terbarukan yang paling umum dimanfaatkan saat ini dan energi surya ini dapat dikonversi menjadi energi listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang model MPPT (*Maximum power point tracking*) dengan sumber PV. Pengendali PI digunakan untuk meningkatkan kinerja MPPT, dalam mengatur *boost converter*. Penelitian yang akan dilakukan merupakan jenis penelitian simulasi dan pemodelan, dimana pada penelitian ini akan membuktikan hipotesa berdasarkan pengujian terhadap beban dengan menggunakan *tool* yang berupa suatu algoritma dan perangkat keras. Uji coba dilakukan menggunakan beban listrik yang ada dalam rumah tinggal. Pengujian juga dilakukan dengan mengubah intensitas dan panas dari sumber energi matahari. Hasil penelitian adalah berupa suatu model rancangan MPPT dengan kontrol PI sebagai pengatur *boost converter*. Hasil penelitian memperlihatkan dengan penggunaan MPPT mampu memperbaiki keluaran tegangan dan daya *boost converter*, sehingga dengan metode ini tegangan keluaran *boost converter* lebih bagus jika dibandingkan dengan metode yang lain.

**Kata Kunci :** Boost Converter, Kontrol PI, Photovoltaic, Mikro Grid

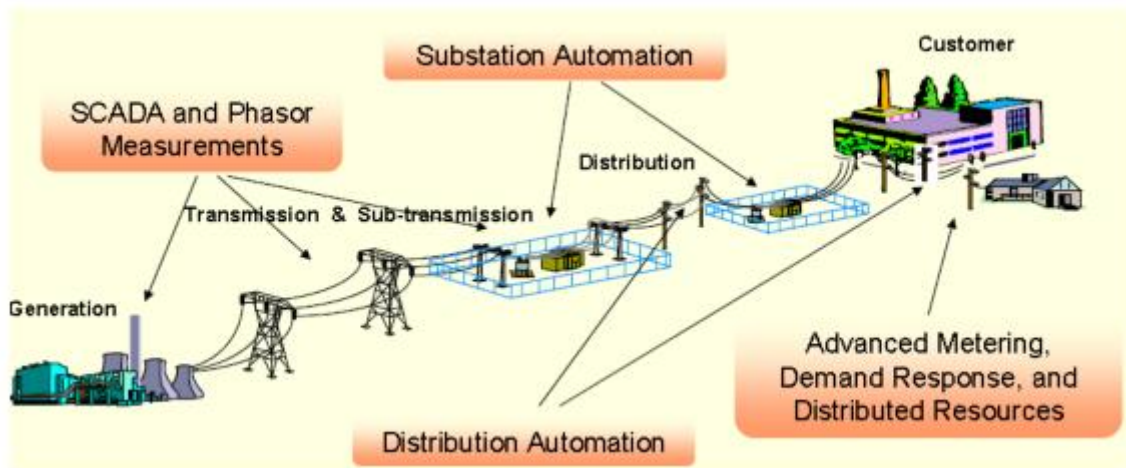
## PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, kebutuhan energi saat ini sebagai penggerak kehidupan semakin lama semakin meningkat. Hal ini didorong oleh lonjakan jumlah populasi manusia terutama di negara berkembang, sementara ketersediaannya pasokan daya yang ada juga tidak dapat mencukupi kebutuhan yang terus meningkat tersebut, maka dari itu dibutuhkan suatu sumber energi terbarukan (Guo Chujia, 2015). Energi surya merupakan suatu energi yang bersih, terbarukan, serta tersedia dalam jangka waktu yang lama. Sumber energi surya ini juga merupakan energi terbarukan yang paling umum dimanfaatkan saat ini dan energi surya ini dapat dikonversi menjadi energi listrik (Ahmad Faizal, 2016). Pemanfaatan sinar matahari menggunakan panel surya sebagai pembangkit listrik mulai dikembangkan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Panel surya memiliki keunggulan seperti ramah lingkungan karena tidak mempunyai limbah yang menyebabkan polusi, murah perawatan, dan mudah dalam penerapannya (S.Hadjammar, 2016).

Panel surya memiliki karakteristik yang non-linear, hal ini membuat kita sulit untuk mendapatkan titik maksimum dari panel surya tersebut, sehingga untuk menyelesaikan masalah tersebut diperlukan pemodelan dari panel surya untuk mendesain dan mensimulasikan algoritma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk menjaga titik kerja panel surya tetap pada titik MPP (Muhammad Sheraz, 2014). Pada titik tersebut panel surya berada pada keadaan optimal, baik dari tegangan dan arus yang dihasilkan. Ketika tegangan dan arus yang dihasilkan maksimal maka akan mendapatkan keluaran daya yang maksimal (Ahmad Faizal, 2016). Daya yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi faktor suhu dan intensitas cahaya. Namun panel surya memiliki kekurangan dalam hal efisiensi yang rendah. Secara umum terdapat titik yang unik pada kurva V-I maupun V-P, yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP), dimana pada titik tersebut panel surya bekerja pada efisiensi

maksimum dan menghasilkan daya keluaran yang paling besar. Letak dari MPP tidak diketahui tetapi dapat dicari menggunakan perhitungan atau algoritma penjejak. Oleh karena itu algoritma *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dibutuhkan untuk menjaga titik kerja panel surya agar berada pada titik MPP (Wahyudi Budi Pramono, 2010). Tujuan dari penelitian ini adalah merancang model MPPT (*Maximum power point tracking*) dengan sumber PV. Pengendali hybrid Fuzzy-PID digunakan untuk meningkatkan kinerja MPPT, dalam mengatur *boost converter*.

Permintaan listrik saat ini sedang booming di seluruh dunia. Selain itu, dalam rangka untuk menghadapi persoalan perubahan iklim, kita perlu mengurangi emisi CO<sub>2</sub>. Dimana salah satu penyebabnya adalah penggunaan energi yang tidak efisiensi (di rumah, bangunan dan fasilitas industri) dan penggunaan sumber energi fosil yang besar-besaran serta penggunaan sumber energi terbarukan yang belum banyak. Pertumbuhan jumlah penduduk dan tingkat ekonomi suatu negara akan mendorong peningkatan konsumsi energi, khususnya energi listrik. Hal ini disebabkan energi listrik digunakan untuk menggerakkan roda perekonomian seperti industri, transportasi, perbankan, hingga pemerintahan. Selain itu energi listrik juga telah menjadi salah satu kebutuhan tak tergantikan bagi masyarakat saat ini. Sehingga permintaan akan suplai daya listrik menjadi semakin besar dan akan menimbulkan permasalahan baru, yakni ketersediaannya dan cara penyediaannya. Saat ini sumber energi utama yang digunakan untuk menggerakkan pembangkit-pembangkit di Indonesia masih terdiri atas sumber-sumber yang tidak terbarukan (*fossil fuel*). Selain masalah jumlah sumbernya yang semakin sedikit, isu lingkungan juga turut mendorong untuk segera dilakukan perubahan.

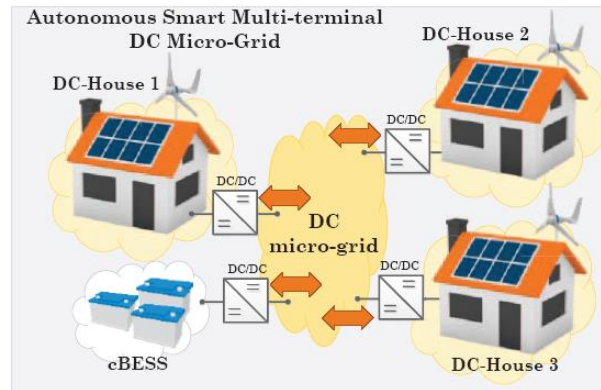


Gambar 1. Konsep perancangan smart grid.

Jaringan DC mikro grid dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan daya listrik yang meningkat seiring dengan pengembangan sistem mikro grid. Beberapa keuntungan dari jaringan DC mikro grid adalah (Ali Maknouninejad, et al, 2014) :

- a. Efisiensi yang tinggi. Jaringan DC mikro grid dapat mengurangi tahap konversi dari konverter sehingga mempunyai efisiensi yang tinggi.
- b. Stabilitas yang lebih baik. Tidak dibutuhkan sinkronisasi yang menyebabkan osilasi seperti pada jaringan AC mikro grid.
- c. Kualitas daya yang baik. Jaringan DC mikro grid tidak mengirimkan daya reaktif sehingga kualitas daya lebih baik.
- d. Keandalan yang tinggi. Jaringan DC mikro grid mempunyai komponen yang lebih sedikit, sehingga memiliki waktu yang lebih singkat bila sistem mengalami kegagalan hal ini menjadikan sistem mempunyai keandalan yang tinggi.

Sebuah rancangan simulasi multi terminal DC mikro grid (F. Gonzalez-Longatt, et al, 2016) dalam melayani beberapa beban rumah tinggal, dengan pengaturan secara tepat aliran daya dari sumber ke beban. Simulasi *quasi-dynamic* menggunakan *optimal power flow* (OPF) untuk meminimalkan rugi tegangan.



Gambar 2. Skema DC mikro grid.

Lebih dari setengah abad, PID telah menjadi tulang punggung keberhasilan pengontrolan beragam variabel proses industri. Kontrol PID dapat dijumpai hampir pada setiap industri yang bergerak dalam bidang proses. Menurut sebuah survey dinyatakan bahwa 97% industri yang bergerak dalam bidang tersebut menggunakan PID dalam pengontrolannya.

Struktur kontrol PID ideal dikenal juga dengan nama struktur PID Tipe A atau struktur PID Paralel atau struktur PID *non-interacting*. Struktur ini adalah struktur PID yang umum ditemukan pada sebagian besar buku-buku teks kontrol. Persamaan (2.1) dan (2.2) berikut memperlihatkan bentuk umum dari PID ideal.

$$CO(t) = K_P \left[ e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (2.1)$$

Atau

$$CO(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2.2)$$

Secara praktis struktur PID pada persamaan (2.1) dan persamaan (2.2) diatas berturut turut dikenal juga dengan istilah PID ideal bentuk *dependent* dan PID ideal bentuk *independent*. Kedua istilah tersebut mengacu pada *depedensi* (ketergantungan) setiap suku persamaan terhadap perubahan nilai gain Proporsioanl ( $K_P$ ). Dalam bentuk transformasi laplace persamaan (2.1) dan (2.2) sebagai berikut :

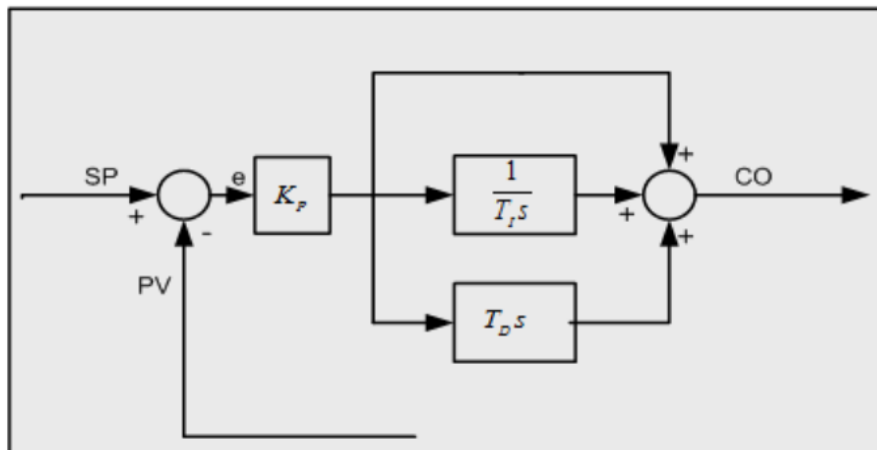
$$CO(s) = K_P \left[ 1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s \right] e(s) \quad (2.3)$$

$$CO(s) = \left[ K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \right] e(s) \quad (2.4)$$

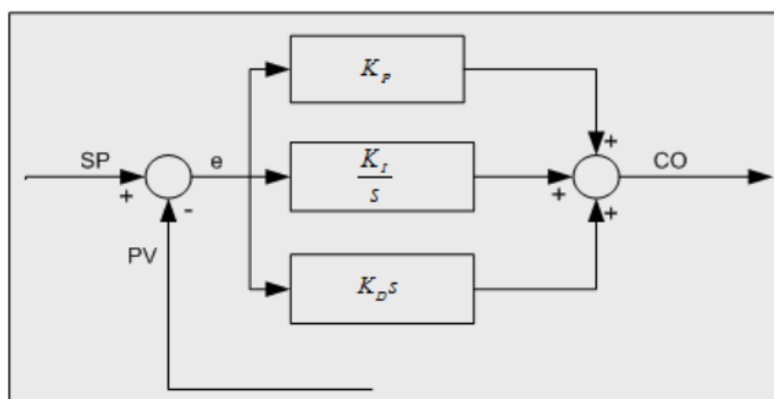
Aksi kontrol PID pada dasarnya bertujuan untuk menggabungkan kelebihan komponen-komponen dasar kontrol PID:

- Kontrol Proporsional : berfungsi untuk mempercepat respon
- Kontrol Integral : berfungsi untuk menghilangkan error steady
- Kontrol Derivative : berfungsi untuk memperbaiki sekaligus mempercepat respon transien.

Gambar 3 dan 4 berikut berturut-turut memperlihatkan blok diagram kontrol PID ideal bentuk dependent dan bentuk independent (lihat algoritmanya dalam persamaan 2.3 dan 2.4):

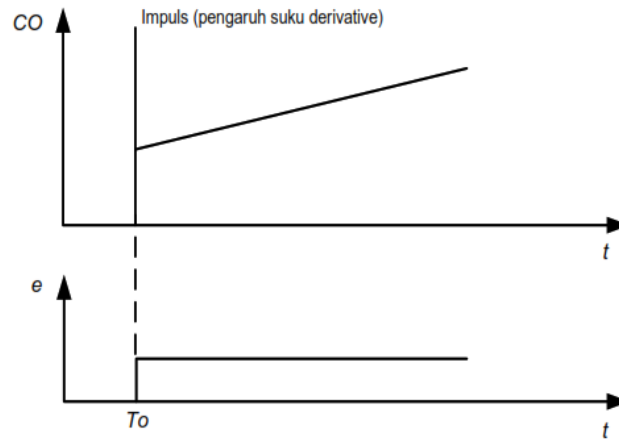


Gambar 3. Diagram blok kontrol PID ideal bentuk *dependent*.



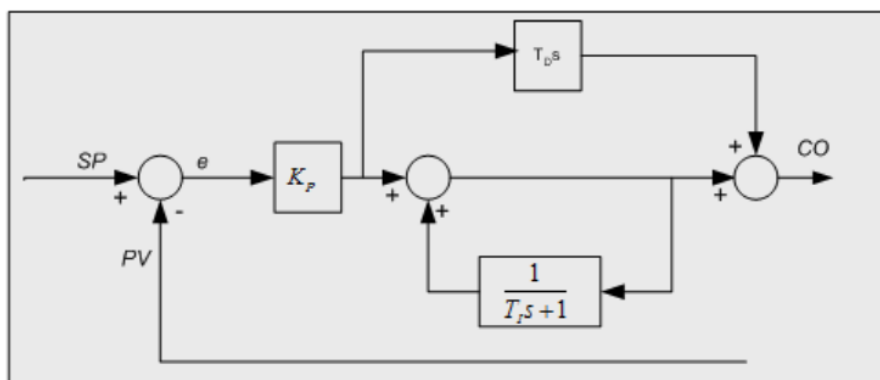
Gambar 4. Diagram blok kontrol PID ideal bentuk *independent*.

Seperti terlihat pada gambar 3 dan 4 diatas, semua komponen pada kontroler PID jenis ideal ini bekerja pada masukan error penggerak. Hubungan antara masukan error penggerak dengan output kontroler PID tersebut dapat dilihat pada gambar 5.



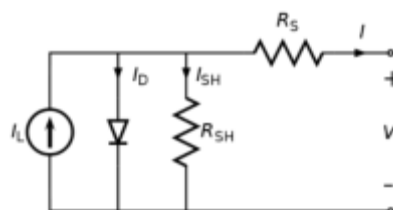
Gambar 5. Aksi kontrol PID.

Seperti halnya pemilihan metode tuning kontrol PI, Pemilihan metode tuning kontrol PID juga sangat ditentukan oleh problem kontrol yang dihadapi serta unjuk kerja yang diharapkan dari sistem umpan baliknya. Sebagai contoh, jika untuk proses tertentu tidak ditolerir adanya overshoot pada respon output proses, maka sebagai tuning awal sebaiknya digunakan metode yang memang dikhususkan untuk itu --lihat keterangan tabel (tetapi walaupun demikian, respon output proses sebenarnya secara praktis mungkin tidak akan benar-benar seperti apa yang tertulis pada keterangan tabel tersebut, lihat konsepnya pada bagian Mode Kontrol Proporsional Integral). Kontrol PID ideal juga dapat direalisasikan dengan mengacu pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram blok alternatif kontrol PID.

Peningkatan nilai efisiensi PV akan mempengaruhi daya yang dibangkitkan oleh sistem dimana daya akan naik. Hal ini mempunyai efek pada biaya yang harus dikeluarkan yang akan lebih murah untuk tiap KWh energi yang dihasilkan. Efisiensi sendiri dipengaruhi oleh tiga faktor: efisiensi solar panel (8% - 15%), efisiensi *inverter* (95% -98%) dan efisiensi *Maximum Power Point Tracking* ( $\pm 98\%$ ) (L. Piegari and R. Rizzo, 2010). Sementara itu improvisasi efisiensi melalui *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) menggunakan algoritma pada kontrolnya lebih mudah dilakukan, tidak mahal serta dapat diaplikasikan pada generator solar cell yang sudah ada tanpa merubah sistem. Peningkatan nilai efisiensi ini merujuk pada kurva karakteristik arus-tegangan sel surya yang tergantung pada nilai irradiansi dan temperatur yang diterimanya (Rupendra Kumar Pachauri, 2014). Setiap modul memiliki titik operasi optimalnya masing-masing yang dikenal dengan Maximum Power Point (MPP). Karakteristik *Maximum Power Point* ini akan berubah sesuai dengan sinar matahari dan temperatur (Sri Utami, 2017). Ketergantungan terhadap cuaca menjadikan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) tidak mudah untuk menjaga titik operasi tetap dalam kondisi maksimal dengan mengacu pada kurva karakteristik tegangan-harga yang juga bervariasi. (P. Jaiswal and A.Mahor, 2014). Model matematik dikembangkan untuk memperlihatkan sel surya. Gambar 7 menunjukkan rangkaian persamaan sel surya, dimana  $I$  dan  $V$  adalah arus dan tegangan sel surya, kemudian,  $I_L$  adalah *cell's photocurrent*.  $R_{sh}$  dan  $R_s$  adalah tahanan shunt dan tahanan seri dari sel surya.



Gambar 7. Rangkaian ekivalen sel surya.



Persamaan dari rangkaian ekivalen sel surya pada gambar 7, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = I_L - I_o \left( \exp \left[ \frac{q(V + IR_s)}{nkT} \right] - 1 \right) - \frac{V + IR_s}{R_{SH}} \quad (2.5)$$

Dimana :

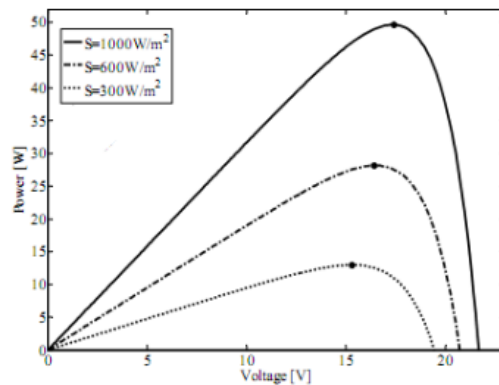
$I_o$  = arus saturasi reverse (Ampere)

$n$  = faktor ideal dioda (bernilai 1 untuk dioda ideal)

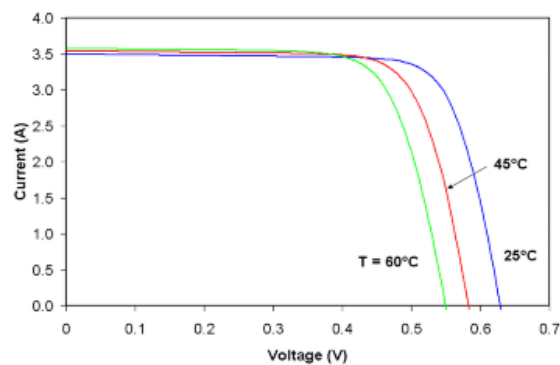
$q$  = pengisian electron ( $1.602 \cdot 10^{-19}$  C)

$K$  = konstanta Boltzman ( $1.3806 \cdot 10^{-23}$  J.K<sup>-1</sup>)

$T$  = temperature sel surya (°K)



Gambar 8. Karakteristik P-V untuk level radiasi yang berbeda. Tiap titik mewakili MPP dari masing-masing kurva.



Gambar 9. Karakteristik I-V pada temperatur permukaan sel surya yang berbeda.

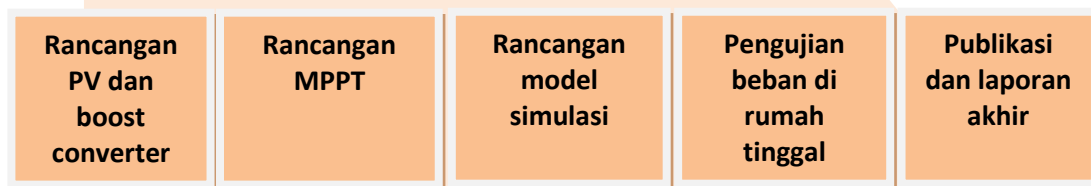
Kurva ini menunjukkan sangat jelas bahwa karakteristik keluaran sel surya adalah non-linier dan sangat dipengaruhi oleh radiasi sinar matahari, temperatur dan kondisi pembebanan (Rusminto Tjatur Widodo, 2017). Untuk mendekati kinerja dari panel surya, suatu modul matematis dikembangkan untuk menirukan karakteristik dari panel surya yang digunakan (selva, 2013).

*Maximum Power Point Tracking* (MPPT) merupakan sebuah metode untuk menentukan titik dimana daya maksimum dihasilkan oleh panel surya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, salah satu keuntungan penggunaan MPPT adalah cepat terpenuhinya kondisi *equilibrium* photovoltaic untuk kondisi yang diperlukan oleh beban dan yang dapat dipenuhi panel surya. MPPT memerlukan dua komponen pendukung dalam pengoperasiannya: arus input (I) dan tegangan input (V). Dua komponen ini dikombinasikan untuk mendapatkan nilai daya P seperti dengan persamaan  $P = V \times I$  (ZhangXiaoe, 2013). Dalam kondisi temperatur dan irradiansi berbeda, diperoleh nilai MPP yang berbeda. Metode yang tepat diperlukan untuk memperoleh nilai daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya (Arun Kumar Verma, 2012). *Maximum Power Point Tracking* atau yang biasa disingkat MPPT, adalah sebuah sistem elektronis yang mengoperasikan modul photovoltaic (PV) atau modul sel surya agar dapat menghasilkan daya maksimal yang bisa diproduksi oleh modul sel surya (Chia Seet Chin, 2012). MPPT bukan merupakan sistem *tracking* mekanis yang secara fisik menggerakkan modul agar mengarah langsung ke matahari. MPPT merupakan sistem elektronis yang secara keseluruhan mengubah-ubah titik operasi elektronis modul sel surya sehingga dapat mengirim daya maksimal yang tersedia. Dari daya tambahan yang terkumpul yang berasal dari modul sel surya, sehingga arus pengisian baterai dapat ditingkatkan. MPPT dapat juga dihubungkan dengan sistem tracking mekanis, tetapi kedua sistem ini benar-benar sangat berbeda (Hamad, 2013).

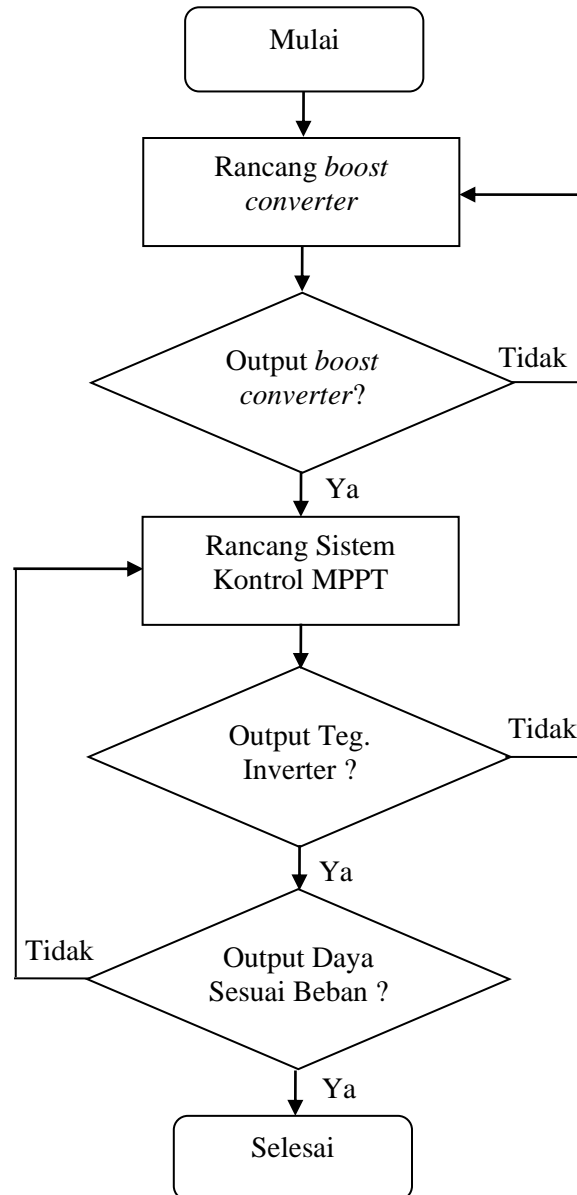
## METODE PENELITIAN

Penelitian yang akan dilakukan merupakan jenis penelitian eksperimental, dimana pada penelitian ini akan membuktikan hipotesa berdasarkan pengujian terhadap beban dengan menggunakan *tool* yang berupa suatu algoritma dan perangkat keras.

Populasi dalam penelitian ini rangkaian inverter satu fasa, boost converter, dan algoritma MPPT menggunakan kontrol PI. Beban yang digunakan berupa beban resistif dan induktif, karena hal ini sesuai dengan beban dalam rumah tinggal. Pengambilan sampel dilakukan dengan menguji keluaran inverter satu fasa, untuk mengetahui besar amplitude tegangan dan kapasitas daya yang dihasilkan. Selain itu juga dilakukan pengambilan data keluaran PV dengan berbagai intensitas energy matahari, dan keluaran tegangan *boost converter*.



Gambar 10. Alur rencana penelitian



Gambar 11 Algoritma penelitian.

## Bahan

Untuk rancangan hardware terdapat dua jenis *hardware* yang digunakan untuk menaikkan tegangan keluaran PV. *Hardware* yang digunakan adalah *hardware boost converter* dan kontrol MPPT menggunakan BTC-8300. Untuk bahan juga dipakai solar panel/ PV.



Gambar 12. *Hardware boost converter.*



Gambar 13. Kontrol BTC 8300.

## Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Multimeter, PC/ Laptop, pengukur intensitas energy matahari, tang amper, software Matlab.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Kebutuhan Beban

Dalam rancangan model simulasi ini, sebelumnya dilakukan perhitungan untuk menentukan kapasitas PV, karena akan disesuaikan dengan kapasitas daya yang digunakan dalam rumah tinggal. Dalam pembahasan ini sesuai dengan kebutuhan daya listrik rumah tinggal sebesar 1.500 Watt atau konsumsi energi per-jam sebesar 1,5 KWh. Beban listrik ini akan menyala pada jam 07.00 s/d 17.00, artinya beban listrik ini akan mengkonsumsi tenaga listrik selama 10 jam. Maka total energi yang dikonsumsi perharinya adalah :

- ❖ Total energi = 1,5 KW x 10 = 1,5 KW/hari.
- ❖ Jadi total keseluruhan energi yang diperlukan adalah 1,5 KWh.

Untuk sistem penyimpanan energi listrik digunakan baterai 12 Volt dengan kapasitas masing-masing 100 Ah. Untuk kebutuhan baterai dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- ❖ Arus listrik per hari adalah  $1.500 / (12 \times 10) = 12,5$  Ampere
- ❖ Jumlah baterai =  $1.500 \text{ Watt/hari} : (12 \times 50 \text{ Ah}) = 3$  baterai
- ❖ Daya yang disediakan baterai = 1800 watt

Kebutuhan baterai dengan pertimbangan dapat melayani kebutuhan setiap hari tanpa sinar matahari, maka, jika kita menggunakan baterai yang sebesar 50 Ah 12 V, maka kita membutuhkan 3 baterai ( $50 \times 12 \times 3 = 1.800$  watt).

### **Perhitungan Kebutuhan PV**

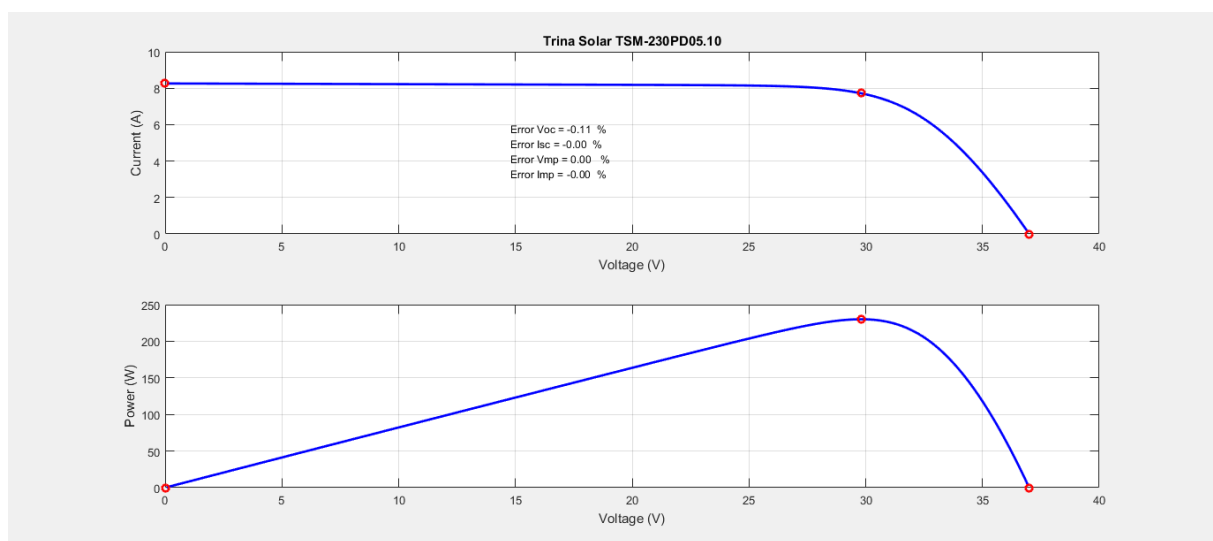
Dari perhitungan konsumsi energi diatas sebesar 1,5 Kwh atau sebesar 1.500 Wh, maka dapat kita pilih ukuran panel surya yang kita butuhkan. Dalam perancangan ini kita menggunakan panel surya 100 Wp (Watt peak), yaitu panel ini akan menghasilkan maksimum 100 Watt pada tegangan 12 V DC per jam, sehingga bila panel surya ini dipasang sehari (07.00-17.00 = 10 jam) dengan asumsi tidak mendung atau intensitas sinar matahari konstan maka panel surya ini bisa menghasilkan listrik  $100 \text{ Wp} \times 10 \text{ jam} = 1000 \text{ Wh}$  atau sebesar 1 KWh. Keluaran daya panel surya 100 Wp dihasilkan pada kondisi temperatur 25 °C, tekanan 1,5 atm, dengan intensitas cahaya  $1000 \text{ W/m}^2$ . Secara aktual rata-rata panel surya 100 Wp hanya akan menghasilkan energi listrik rata-rata sekitar 300 Wh – 400 Wh dalam satu hari. Hal disebabkan faktor intensitas cahaya matahari yang tidak sama sepanjang hari. Dalam rancangan menggunakan panel surya 100 Wp digunakan perhitungan sebagai berikut :

$1.500 / (100 \times 10) = 2$  panel surya. Jadi listrik yang dihasilkan adalah 2 unit  $\times 100 \text{ Wp} = 200$  Watt per satu jam pemanasan pada puncak pemanasan. Dalam sehari, kurang lebih bisa menghasilkan listrik sebesar  $200 \text{ Wp} \times 10 \text{ jam Pemanasan} = 2.000 \text{ Wh}$ .

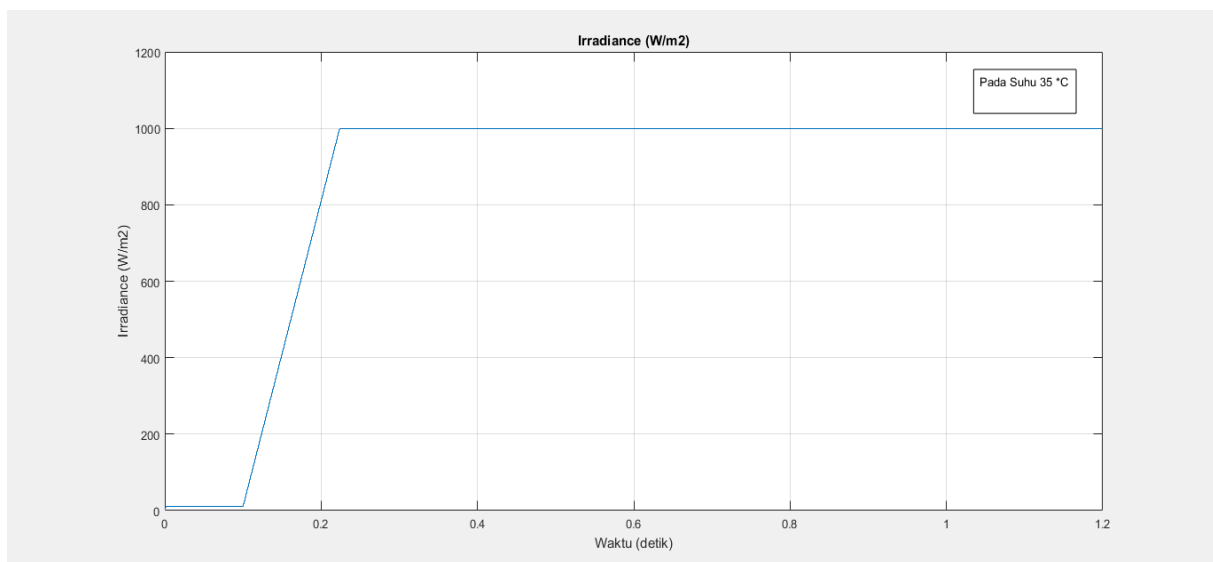
Untuk PV dalam simulasi Matlab ini menggunakan tipe TSM-230PD05.10. Jumlah PV yang digunakan dua panel surya yang terhubung secara seri. Sedangkan dalam pengujian

intensitas dan suhu matahari untuk PV dilakukan dengan perubahan *irradiance* energi matahari dan suhu sebagai berikut :

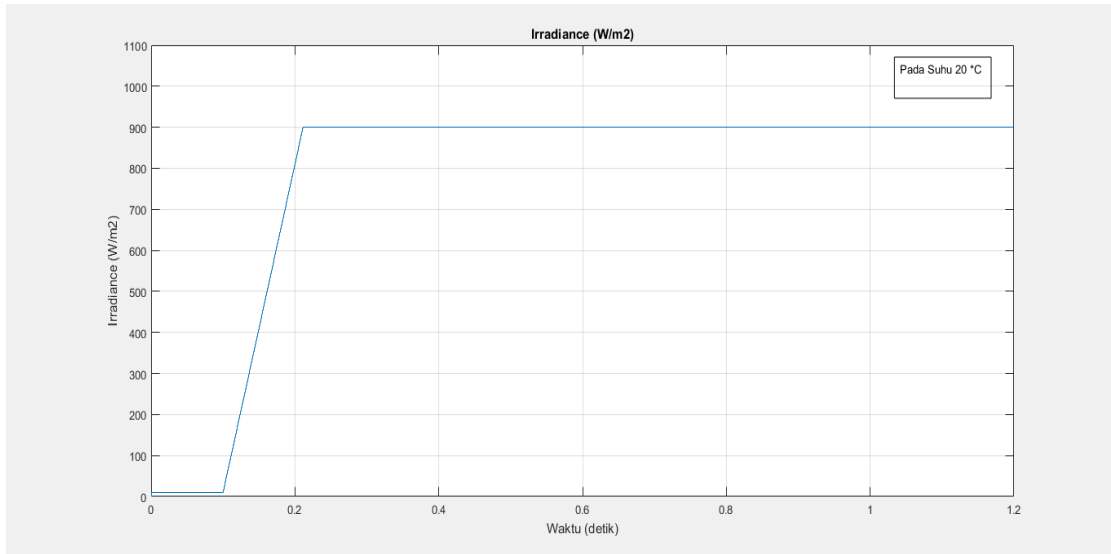
- ❖ *Irradiance* 1000 W/m<sup>2</sup>, suhu 20 °C
- ❖ *Irradiance* 1000 W/m<sup>2</sup>, suhu 35 °C
- ❖ *Irradiance* 500 W/m<sup>2</sup>, suhu 20 °C
- ❖ *Irradiance* 500 W/m<sup>2</sup>, suhu 35 °C



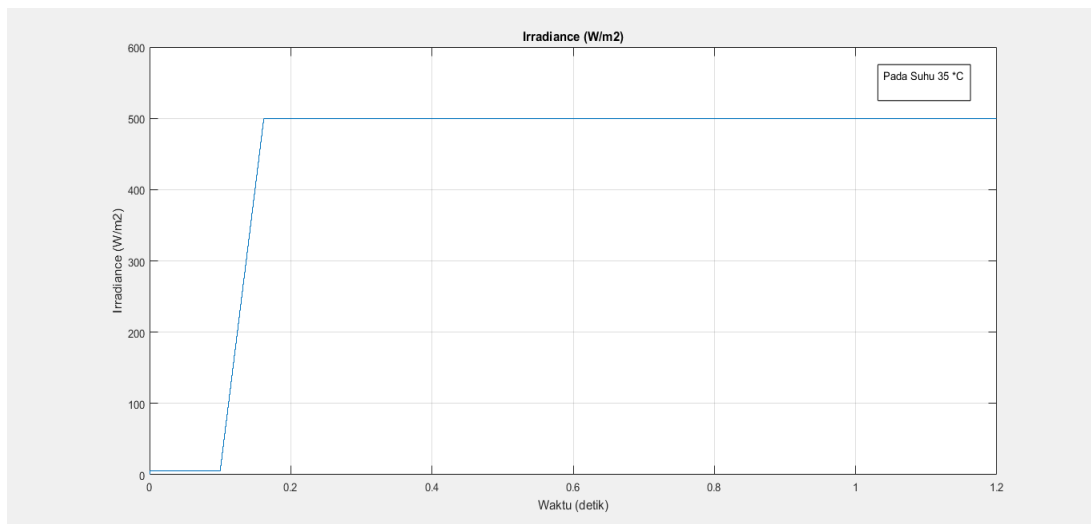
Gambar 14. Karakteristik PV TSM-230PD05.10.



Gambar 15. Pengujian PV (*Irradiance* 1000 W/m<sup>2</sup>, suhu 20 °C).



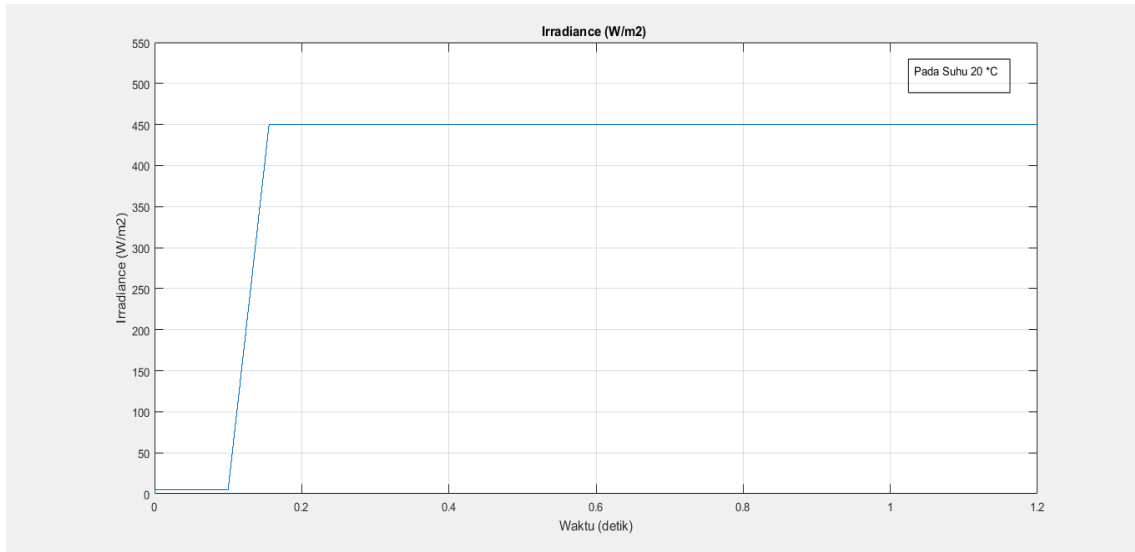
Gambar 15. Pengujian PV (*Irradiance* 1000 W/m<sup>2</sup>, suhu 35 °C).



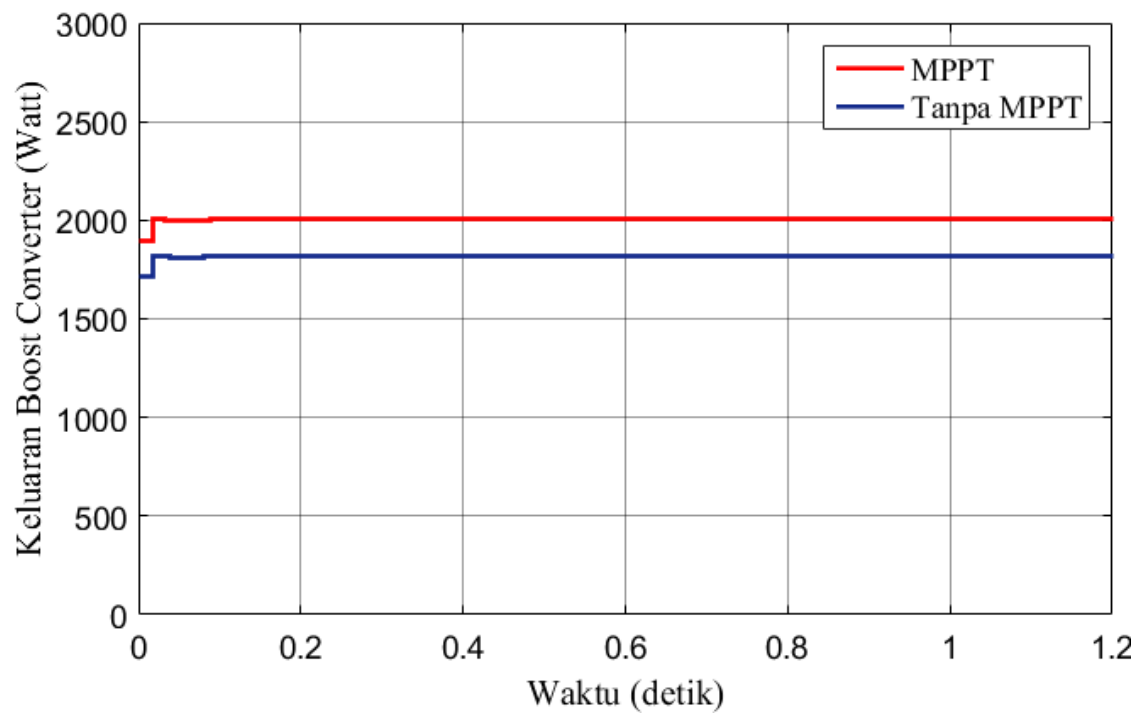
Gambar 17. Pengujian PV (*Irradiance* 500 W/m<sup>2</sup>, suhu 35 °C).

Untuk mengetahui kinerja MPPT, akan dilakukan pengujian dengan menggunakan metode tanpa MPPT dan menggunakan MPPT. Pengujian tersebut meliputi pengujian daya keluaran PV dan tegangan keluaran *boost converter*.





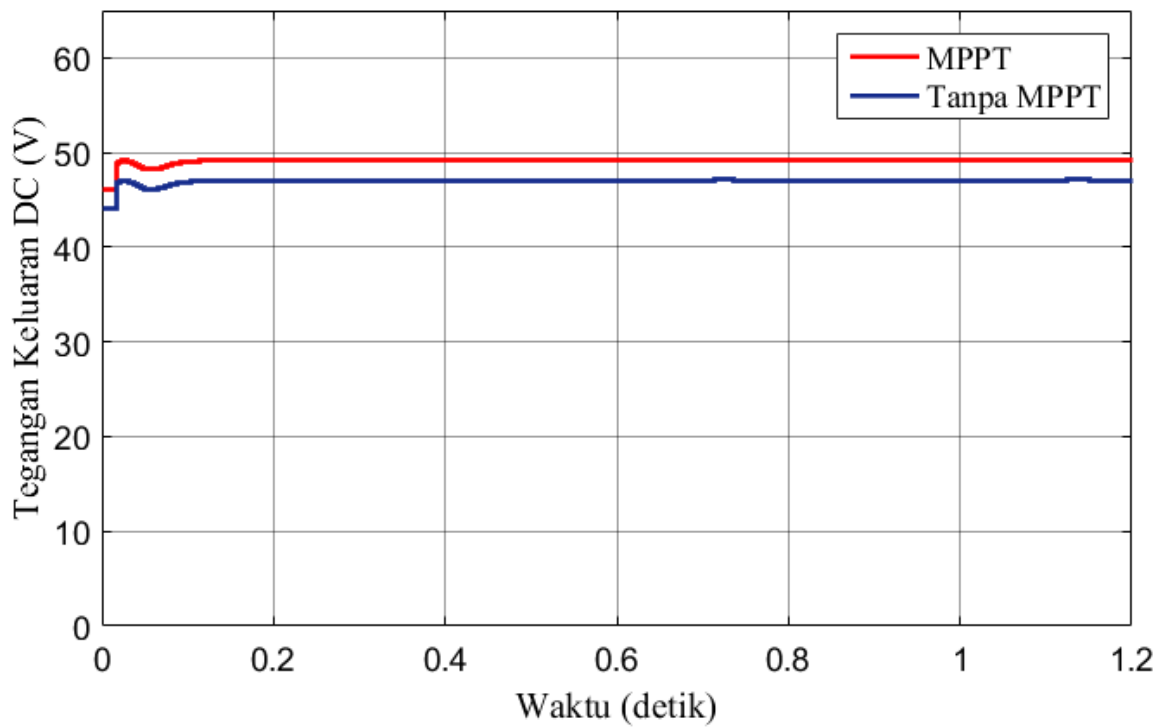
Gambar 18. Pengujian PV (*Irradiance* 500 W/m<sup>2</sup>, suhu 20 °C).



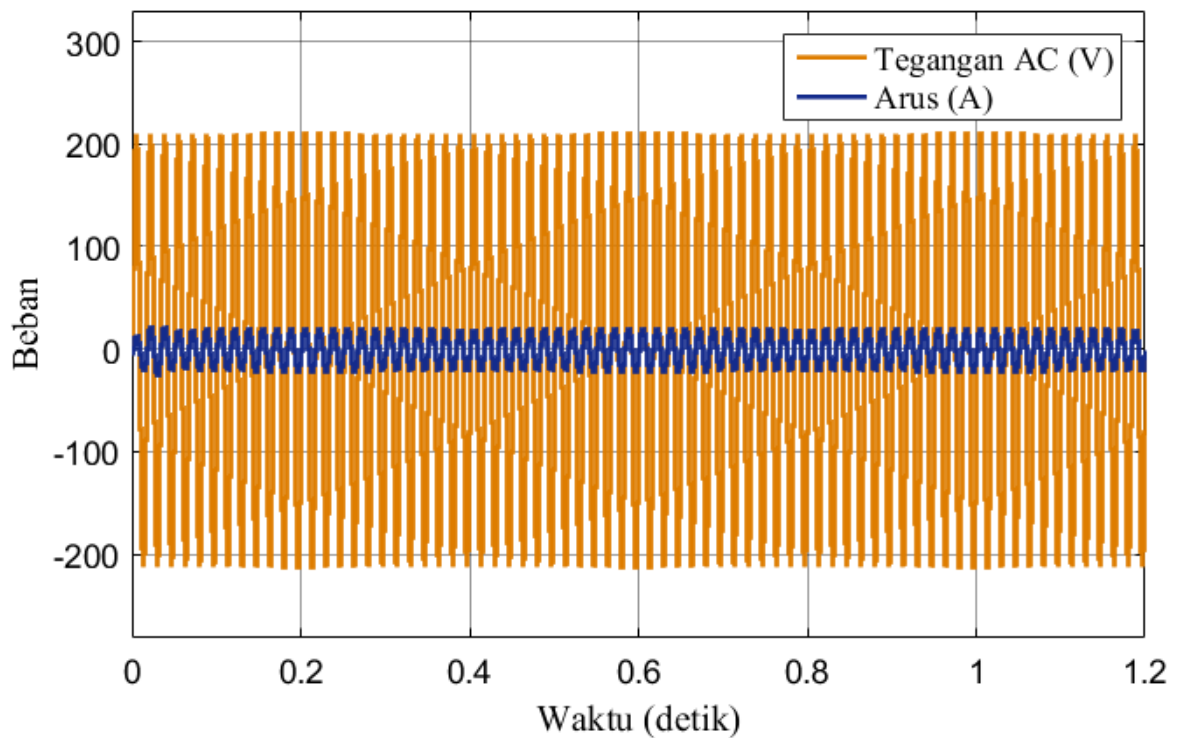
Gambar19. Daya keluaran boost konverter.

Berdasarkan hasil pengujian terlihat, dengan menggunakan MPPT maka terjadi peningkatan pada :

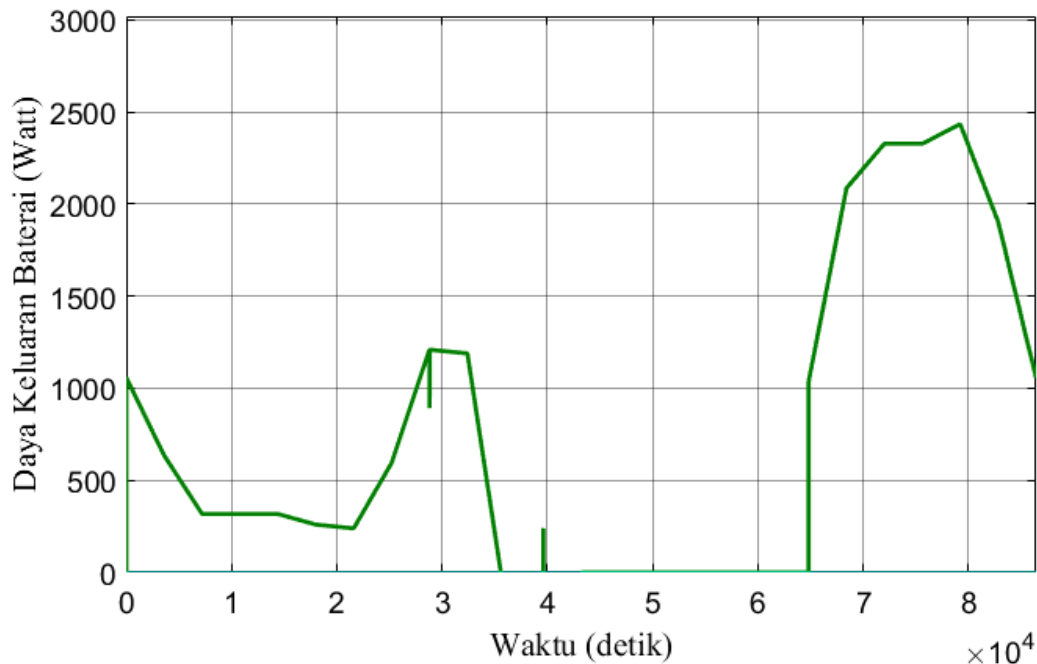
- Daya keluaran pada boost konverter
- Tegangan DC yang stabil, jika dibandingkan tanpa MPPT.



Gambar 20. Tegangan keluaran boost konverter.



Gambar 21. Tegangan dan arus pada beban.



Gambar 22. Daya keluaran baterai.

## SIMPULAN DAN SARAN

1. Dalam rancangan penelitian ini digunakan daya listrik rumah tinggal sebesar 1.500 Watt atau konsumsi energi per-jam sebesar 1,5 kWh, dan beban listrik ini akan menyala pada jam 07.00 s/d 17.00. Untuk sistem penyimpanan energi listrik digunakan 2 baterai 12 Volt dengan kapasitas masing-masing 100 Ah, dan daya yang disediakan baterai = 2,4 kWh.
2. Dalam perancangan ini digunakan 2 buah panel surya 100 Wp (Watt peak) dengan tegangan keluaran 12 V DC. Keluaran daya panel surya 100 Wp dihasilkan pada kondisi temperatur 25 °C, tekanan 1,5 atm, dengan intensitas cahaya 1000 W/m<sup>2</sup> adalah 2 unit x 100 Wp = 200 Watt per satu jam pemanasan pada puncak pemanasan. Dalam sehari, kurang lebih bisa menghasilkan listrik sebesar 200 Wp x 10 jam Pemanasan = 2.000 Wh.

3. Dalam rancangan model simulasi terlihat bahwa penggunaan MPPT pada *boost converter* mampu menghasilkan daya keluaran yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode tanpa MPPT.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Faizal, Bagus Setyaji, Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya Menggunakan Metode Sliding Mode Control, *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, Vol. 14, No. 1, Desember 2016, pp.22 – 31.
- Ali Maknouninejad, Zhihua Qu, Frank L. Lewis, *Fellow*, Ali Davoudi. 2014. Optimal, Nonlinear, and Distributed Designs of Droop Controls for DC Microgrids. *IEEE Transactions On Smart Grid*, Vol. 5, No. 5, pp.2508-2516.
- A. K. Verma, B. Singh, and D. T. Shahani, 2012, “Fuzzy-logic based MPPT control of grid interfaced PV generating system with improved power quality,” *2012 IEEE 5th Power India Conf. PICONF*.
- A. D. Martin and J. R. Vazquez, 2015, “MPPT algorithms comparison in PV systems: P&O, PI, neuro-fuzzy and backstepping controls,” *Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Technol.*, vol. 2015–June, no. June, pp. 2841–2847.
- A. I. Dounis, S. Stavrinidis, P. Kofinas, and D. Tseles, 2015, “Fuzzy-PID controller for MPPT of PV system optimized by Big Bang-Big Crunch algorithm,” *IEEE Int. Conf. Fuzzy Syst.*
- Bayu Prima Juliansyah Putra, Aulia Siti Aisjah, dan Syamsul Arifin, Rancang Bangun Maximum Power Point Tracking pada Panel Photovoltaic Berbasis Logika Fuzzy di Buoy Weather Station, *Jurnal Teknik POMITS* Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- C. S. Chin, Y. K. Chin, B. L. Chua, A. Kiring, and K. T. K. Teo, 2013, “Fuzzy logic based MPPT for pv array under partially shaded conditions,” *Proc. - 2012 Int. Conf. Adv. Comput. Sci. Appl. Technol. ACSAT 2012*, pp. 133–138.
- Dewan Riset Nasional, 2013, *Riset Untuk Keunggulan & Daya Saing Bangsa*, Perpustakaan Nasional, Jakarta.
- F. Gonzalez-Longatt, B.S. Rajpurohit, J.L. Rueda Torres, S.N. Singh. 2016. Simulation Platform for Autonomous Smart Multiterminal DC Micro-Grid. *IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT-Asia)*, Australia, pp. 630-635.
- G. Chujia, Z. Aimin, Z. Hang, Z. Chao, and B. Yunfei, 2015, “A Fuzzy MPPT Method for PV Array in power system,” pp. 5085–5089.
- Iwan Setiawan, 2008, *Kontrol PID Untuk Proses Industri*, PT Elex Media Komputindo, Surabaya.

- L. Piegari and R. Rizzo , “Adaptive perturb and observe algorithm for photovoltaic maximum power point tracking,” *Renewable Power Generation, IET*, vol. 4, no. 4, pp. 317-328, 2010.
- Machmud Effendy. Nur Alif Mardiyah. Khusnul Hidayat, Implementasi Maximum Power Point Tracking pada Photovoltaic Berbasis P&O-Fuzzy, *JNTETI*, Vol. 6, No. 1, Februari 2017.
- Mochamad Firman Salam, Simulasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) Panel Surya Menggunakan Perturb and Observe Sebagai Kontrol Buck-Boost Converter, *Jurnal Teknik Elektro*. Volume 06. Nomor 01 Tahun 2017, 57-64.
- M. S. Hamad, A. M. Fahmy, and M. Abdel-Geliel, 2013, “Power quality improvement of a single-phase grid-connected PV system with fuzzy MPPT controller,” *IECON Proc. (Industrial Electron. Conf.)*, pp. 1839–1844, 2013.
- M. Sheraz and M. A. Abido, 2014, “An Efficient Approach for Parameter Estimation of PV Model Using DE and Fuzzy Based MPPT Controller.”
- P. Jaiswal and A.Mahor, “Review on MPPT Techniques in Solar Photovoltaic System,” *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*. Volume No.02, Issue No. 07, July 2014.
- Prof. Martin Djamin, et.all, 2012, *Teknologi Smart Grid Untuk Smart City*, Pusat Tekonologi Konversi dan Konservasi Energi (PTKKE) - BPPT, Jakarta
- R. K. Chauhan and B. S. Rajpurohit, 2017, “Design and Analysis of PID and Fuzzy-PID Controller for Voltage Control of DC Microgrid.”
- R. B. Roy, E. Basher, and R. Yasmin, 2014, “Fuzzy Logic Based MPPT Approach In A Grid Connected Photovoltaic System,” vol. 1, no. 1.
- R. K. Pachauri and Y. K. Chauhan, 2014, “Fuzzy logic controlled MPPT assisted PV-FC power generation for motor driven water pumping system,” *2014 IEEE Students’ Conf. Electr. Electron. Comput. Sci. SCEECS 2014*.
- S.Hadjammar, F.Bouchafaa, 2016, “Performandes of PV system conected to the grid with MPPT controlled by fuzzy control,” vol. 1.
- S. Amara, A. Bouallegue and A.Khedher, ”Theoretical and Practical Study of a Photovoltaic MPPT Algorithm Applied to Voltage Battery Regulation,” *International Journal of Renewable Energy Research* Vol.4, No 1, 2014.
- Sri Utami, Implementasi Algoritma Perturb and Observe untuk Mengoptimasi Daya Keluaran Solar Cell Menggunakan MPPT, *Jurnal Infotel*, Vol.9 No.1, Februari 2017.

- Selva S., Modeling and Simulation of Incremental Conductance MPPT Algorithm for Photovoltaic Applications, *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, vol. 2, pp. 681684, 2013.
- Rusminto Tjatur Widodo.Rugianto.Asmuniv dan Purnomo Sejati, Maximum Power Point Tracker Sel Surya Menggunakan Algoritma Perturb And Observe, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, Surabaya, 2010.
- Rayjansof Chairi. Fitria Hidayanti. Idris Kusuma, Perancangan Sistem Kendali Cascade pada Deaerator Berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS), *Jurnal Ilmiah GIGA*, Volume 18 (2). Pp.94-101, November 2015.
- Wahyudi Budi Pramono, Simulasi Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya Menggunakan Simulink MATLAB, Seminar Nasional ke – 9: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi. 2010.
- Z. Xiaoe, W. Jinmei, and L. Jinsong, 2013, “Simulation Research on the MPPT of the PV Cells Based on Fuzzy Control,” *2013 Fourth Int. Conf. Intell. Syst. Des. Eng. Appl.*, pp. 561–564.