



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Kendali optimal pengoperasian PV terhubung ke grid menggunakan *voltage source converter* (VSC)

Z Huda ^{a,*}, H Gusmedi ^b, O Zebua ^c

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima tgl/bln/tahun

Direvisi tgl/bln/tahun

Kata kunci:

fotovoltaik

voltage source converter

kedali P/V

MPPT

Pembangkit listrik terbarukan mulai meningkat pemanfaatannya pada sistem tenaga listrik, namun masing-masing jenis pembangkit mempunyai karakteristik yang berbeda. Pada penelitian ini Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) akan dimodelkan dan dihubungkan ke jaringan melalui *Voltage Source Converter* (VSC). Strategi kendali untuk mengatur daya aktif dan tegangan pada PLTS yang memungkinkan dapat mengirim daya tidak hanya ke beban namun dapat juga mengirimkan ke sistem jika sistem menghasilkan daya yang berlebih. Dengan strategi pengendalian yang efektif akan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan PLTS, meningkatkan keandalan dan stabilitas sistem dalam melayani beban. Dari skema kendali pada penelitian ini perubahan tingkat irradian dari PLTS dapat tetap menjaga nilai tegangan output konstan dengan daya output yang dihasilkan optimal.

1. Pendahuluan

Meningkatnya kebutuhan akan energi dan isu lingkungan akan emisi karbon yang dihasilkan oleh pembangkit konvensional menjadikan kebutuhan akan energi listrik mulai beralih kepada energi baru dan terbarukan.

Ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan pada integrasi energi terbarukan dan beban yaitu mempelajari cara untuk mengelola dan mengkoordinasikan sumber energi terbarukan dan pemakaian energi dalam microgrid. Pemantauan dan kontrol sistem dengan mengembangkan teknologi pemantauan dan kontrol untuk memastikan kinerja yang optimal dan pengelolaan yang efektif. Sistem penyimpanan energi dengan riset pada teknologi penyimpanan energi, seperti baterai, untuk meningkatkan fleksibilitas dan reliabilitas dari sistem. Interkoneksi dengan jaringan utama dengan

mempelajari cara untuk mengintegrasikan ke jaringan utama dengan cara yang efisien dan aman (Usova and Velkin 2018).

Berbagai penelitian mengenai pemodelan sistem PV menunjukkan bahwa hal ini menjadi penting dalam pengembangan PV. Perencana utilitas memerlukan model sistem PV untuk menilai dampak perencanaan dan pengoperasian. Pemodelan sistem PV juga penting dalam studi elektronika daya dimana karakteristik kelistrikan sistem dapat dipelajari dan dianalisis. PV dan MPPT yang digunakan model diusulkan dalam pemodelan matematika dan pendekatan berbasis sirkuit. Model susunan PV menerima radiasi dan suhu sebagai parameter variabel yang menghasilkan karakteristik I-V dan P-V sebagai keluaran. MPPT yang dipasang pada PV akan menghasilkan daya DC maksimum yang dapat dihasilkan oleh PV (Nordin and Omar 2011; Sandali, Oukhoya, and Cheriti 2015).

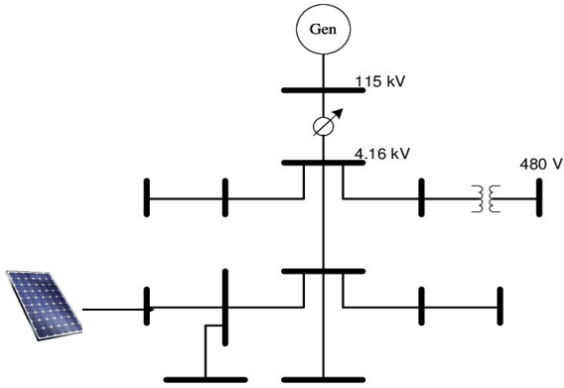
* Penulis korespondensi.

E-mail: zulmiftah.huda@eng.unila.ac.id

2. Metodologi

2.1. Alat dan bahan

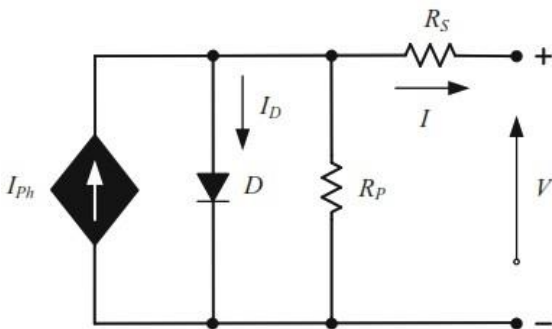
Permodelan dari sistem pengujian IEEE 13 Bus yang dibangun disimulasikan pada Matlab.



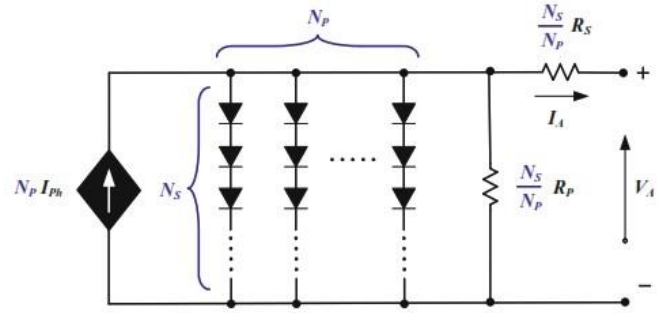
Gambar 1. PV terhubung sistem model IEEE 13 Bus.

2.2. Model PV

Blok penyusun PV adalah sel surya, yang merupakan sambungan semikonduktor P-N yang secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi arus DC menggunakan efek fotovoltaik. Model yang paling umum digunakan untuk memprediksi produksi energi dalam sel fotovoltaik adalah model rangkaian dioda tunggal, seperti yang digambarkan pada Gambar 2. Dalam model ini, sel PV biasanya diwakili oleh rangkaian ekuivalen yang terdiri dari sumber arus yang dihasilkan oleh cahaya, dioda tunggal yang mewakili impedansi nonlinier dari sambungan P-N, dan resistansi intrinsik seri dan paralel yang merupakan kerugian resistif dari PV (Suthar, Singh, and Saini 2013).



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen sel PV.



Gambar 3. rangkaian ekuivalen PV secara keseluruhan.

Persamaan yang dapat diturunkan dari Gambar 3, antara lain (Bal, Anurag, and Babu 2012):

$$I_A = N_p I_{ph} - N_p I_{RS} \left\{ \exp \left[\frac{1}{A V_{TH}} \left(\frac{V_A}{N_s} + \frac{I_A R_s}{N_p} \right) \right] - 1 \right\} - \frac{N_p}{R_p} \left(\frac{V_A}{N_s} + \frac{I_A R_s}{N_p} \right)$$

dimana:

I_A : Arus output PV (A)

V_A : Tegangan output PV (V)

I_{ph} : Sumber arus yang dihasilkan dari cahaya (A)

R_s : Resistansi seri internal sel PV (Ω)

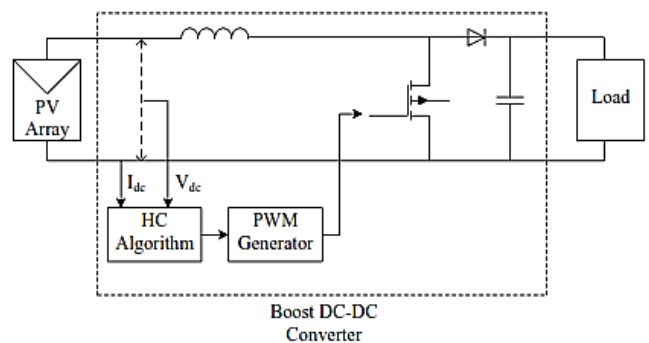
R_p : Resistansi paralel internal sel PV (Ω)

N_s : Jumlah seri sel PV

N_p : Jumlah paralel sel PV

2.3. MPPT

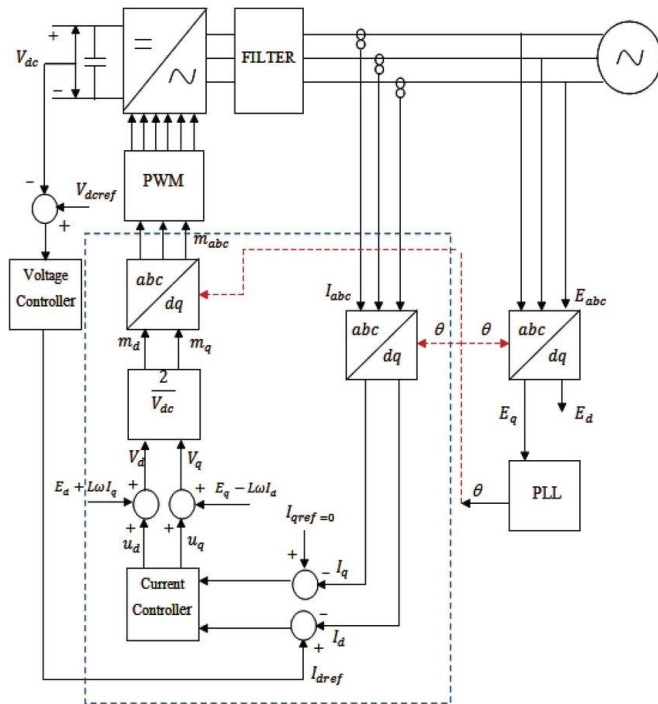
Dalam praktiknya, PV dihubungkan ke MPPT agar PV dapat menghasilkan daya maksimum yang mampu dihasilkannya dengan memvariasikan titik pengoperasian PV. MPPT pada dasarnya adalah konverter DC-DC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Konverter mengubah level tegangan operasi PV agar dapat beroperasi pada V_{app} untuk menghasilkan daya maksimum. Level tegangan operasi dikontrol dengan mengubah siklus kerja konverter. Sinyal kontrol modulasi lebar pulsa (PWM) diterapkan ke gerbang transistor di konverter DC-DC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Pembangkitan sinyal kontrol PWM dikontrol secara otomatis (Nordin and Omar 2011).



Gambar 4. PV dengan MPPT.

2.4. Voltage Source Converter

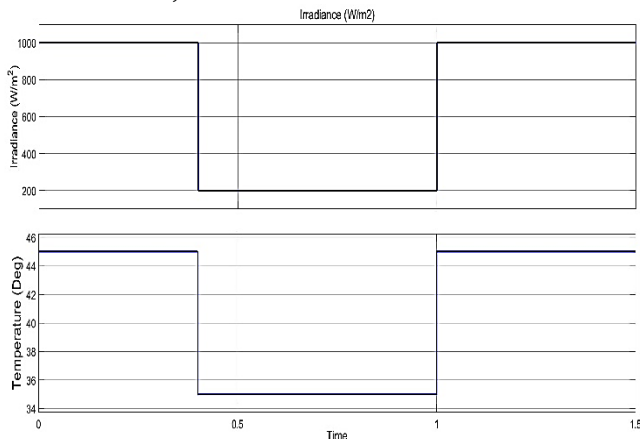
V_{dc} merupakan tegangan yang terukur dari output PV, sedangkan V_{abc} dan I_{abc} merupakan tegangan dan arus yang terukur dari grid dan PLL yang menghasilkan nilai phase dan sudut dari grid. MPPT memberikan output daya maksimum dari PV yang digunakan sebagai V_{dcref} untuk kendali tegangan, nilai I_{dref} sebagai kendali arus (Zhang Junjun, Zheng Fei, and Ding Mingchang 2013).



Gambar 5. Skema kontrol PV terhubung ke grid.

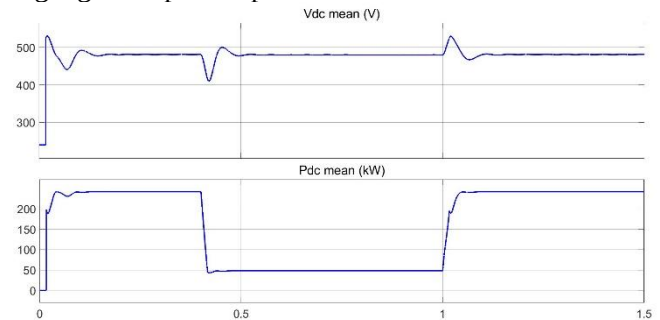
3. Hasil dan pembahasan

Pada simulasi ini menggunakan panel surya dengan spesifikasi : 1000 W/m² dan dengan temperature kerja 25 °C, PMPP=200 W; VMPP =26.30 V; IMPP=7.61 A; VOC=32.90 V; dan ISC=8.21 A.

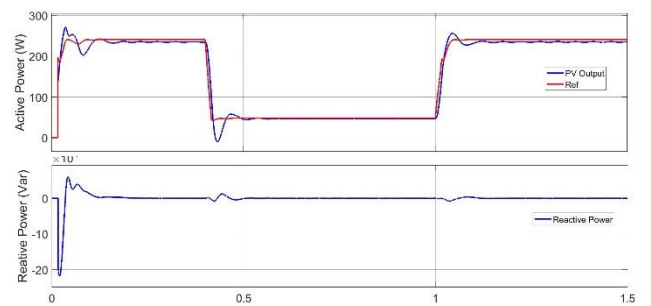


Gambar 6. Irradian dan temperature PV

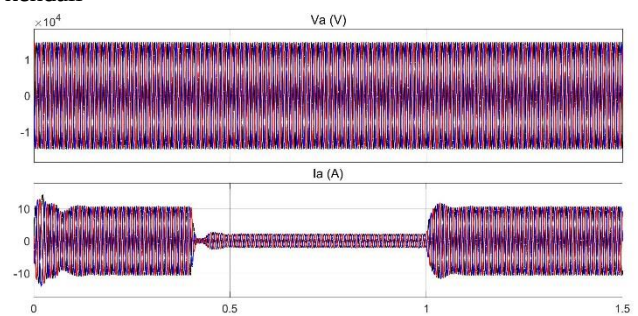
Pada gambar 4.1 dapat dilihat untuk mendapatkan respon dinamis kondisi irradian terjadi perubahan penurunan pada 0,4 detik dan kembali menghasilkan daya out maksimal pada 1 detik dari nilai irradian 1000 W/m² menjadi 200 W/m². Pada kondisi ini juga terjadi perubahan temperatur yang mempengaruhi daya output yang dihasilkan oleh PV pada 0,4 detik dan juga kembali normal pada 1 detik. Pada kedua kondisi ini akan dilihat bagaimana respon model sistem kendali yang dibangun dapat menjaga daya output yang dihasilkan tetap maksimal dan dapat menjaga nilai tegangan output tetap konstan.



Gambar 7. Tegangan dan daya output PV



Gambar 8. Output daya aktif dan daya reaktif dari hasil skema kendali



Gambar 9. Output tegangan AC dan arus AC PV ke grid

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, algoritma untuk kontrol P-V dengan MPPT diusulkan dalam konfigurasi dua tahap. Pada P-V dengan kontrol MPPT, tegangan sisi dc dikontrol secara tidak langsung melalui keseimbangan daya dc dan ac yang merupakan karakteristik dari metode yang diusulkan. Hal ini mengurangi salah satu dari dua loop kontrol yang digunakan dalam metode kontrol tegangan sisi DC. Pengendalian ini memastikan

bahwa kebutuhan dilayani dengan baik dan tegangan pada sisi ac dan dc dijaga dengan baik pada nilai yang diinginkan sesuai kebutuhan utilitas. Selain itu, kontrol MPPT memastikan bahwa PV yang terpasang dimanfaatkan secara optimal untuk tingkat irradian tertentu.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih hibah DIPA FT 2023 yang telah mendanai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bal, Satarupa, Anup Anurag, and B. Chitti Babu. 2012. "Comparative Analysis of Mathematical Modeling of Photo-Voltaic (PV) Array." In *2012 Annual IEEE India Conference (INDICON)*, 269–74. Kochi, India: IEEE. <https://doi.org/10.1109/INDCON.2012.6420627>.
- Nordin, Atiqah Hamizah Mohd, and Ahmad Maliki Omar. 2011. "Modeling and Simulation of Photovoltaic (PV) Array and Maximum Power Point Tracker (MPPT) for Grid-Connected PV System." In *2011 3rd International Symposium & Exhibition in Sustainable Energy & Environment (ISESEE)*, 114–19. Malacca, Malaysia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISESEE.2011.5977080>.
- Sandali, Abdelhalim, Tarik Oukhoya, and Ahmed Cheriti. 2015. "LVRT Control Strategy for PV Grid Connected System Based on P-V Optimal Slope MPPT Technique." In *2015 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, 1–6. Marrakech: IEEE. <https://doi.org/10.1109/IRSEC.2015.7455087>.
- Suthar, M., G. K. Singh, and R. P. Saini. 2013. "Comparison of Mathematical Models of Photo-Voltaic (PV) Module and Effect of Various Parameters on Its Performance." In *2013 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability*, 1354–59. Nagercoil: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEETS.2013.6533584>.
- Usova, Maria A, and Vladimir I Velkin. 2018. "Possibility to Use Renewable Energy Sources for Increasing the Reliability of the Responsible Energy Consumers on the Enterprise."
- Zhang Junjun, Zheng Fei, and Ding Mingchang. 2013. "Modelling and Simulation of Grid-Connected PV System in DIgSILENT/PowerFactory." In *2nd IET Renewable Power Generation Conference (RPG 2013)*, 4.01-4.01. Beijing, China: Institution of Engineering and Technology. <https://doi.org/10.1049/cp.2013.1867>.