

ANALISIS PERFORMA KOMBINASI KY DAN *BUCK-BOOST CONVERTER* PADA PV SYSTEM

Puspita Werdiningrat¹⁾, Fifi Hesty Sholihah²⁾

^{1,2}Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
E-mail: fifi@pens.ac.id

Abstract

With the abundance of solar energy, it can become a potential source of renewable energy that can replace fossil fuels. The utilization of renewable energy is marked by the emergence of solar panels. Solar panels themselves utilize a technology called photovoltaic. Currently, the use of PV has become increasingly widespread in Indonesian society, both in the commercial and residential sectors. Therefore, with the increasing number of PV users, there is a need to maximize PV power. In this research, the design of a configuration system combining KY and buck-boost converters is carried out to increase the input DC voltage to a higher output voltage level with better efficiency. The proposed converter is integrated with an MPPT controller using the Perturb and Observe (P&O) method to detect disturbances in PV voltage periodically by varying the duty cycle to obtain optimal PV power. The research results show that the combined KY and buck-boost converter system has a fast and continuous system response to reach a steady state of 0.06 seconds. The system performs optimally using the MPPT controller, with an efficiency of 90.21% and a maximum power output of 881.29 Watts at a load voltage of 311 V.

Keywords: PV, KY converter, Buck-boost converter, MPPT controller, DC-DC converter

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sumber energi surya yang melimpah. Menurut data Global Solar Atlas 2023, Indonesia menghasilkan intensitas radiasi sinar matahari rata – rata sekitar 4,8 kWh/m² per hari. Dengan melimpahnya sumber energi surya dapat menjadi potensi energi baru terbarukan yang dapat menggantikan energi fosil yang semakin hari kian menipis (Mustafa et al., 2020). Pemanfaatan energi baru terbarukan ditandai dengan kemunculan solar panel. Solar panel sendiri memanfaatkan teknologi yang dinamakan *photovoltaic*. *Photovoltaic* (PV) merupakan suatu teknologi yang memanfaatkan energi surya untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Saat ini, pemanfaatan PV sudah semakin banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia baik dalam bidang komersial maupun residensial. Sebab, dibandingkan dengan energi konvensional pada umumnya PV merupakan energi yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi udara, pengoperasian yang mudah dan murah, serta biaya perawatan yang relatif rendah. Bahkan di kota-kota besar tidak jarang orang yang sudah memasang PV seperti di gedung perkantoran, hotel, perumahan, dan juga sudah banyak

diterapkan pemasangan individual maupun kelompok. Oleh karena itu, semakin banyaknya pengguna PV maka perlunya upaya untuk memaksimalkan daya PV.

Penggunaan PV tidak lepas dari konverter. Pada umumnya, konverter berfungsi untuk mengubah level tegangan tertentu. Untuk mengoptimalkan efisiensi sistem PV, pemilihan konverter perlu diperhatikan. Secara umum, ada tiga fungsi DC-DC *converter* yaitu pertama, *buck converter* untuk menurunkan tegangan, kedua *boost converter* untuk menaikkan tegangan, dan yang ketiga *buck-boost converter* untuk menaikkan atau menurunkan tegangan. Menurut fungsinya, *buck-boost converter* mampu beroperasi pada range *duty cycle* yang lebih besar (Shayeghi et al., 2020). Namun, *buck-boost converter* memiliki efisiensi yang rendah. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi perlu dilakukan kombinasi *buck-boost converter* dengan konverter lain.

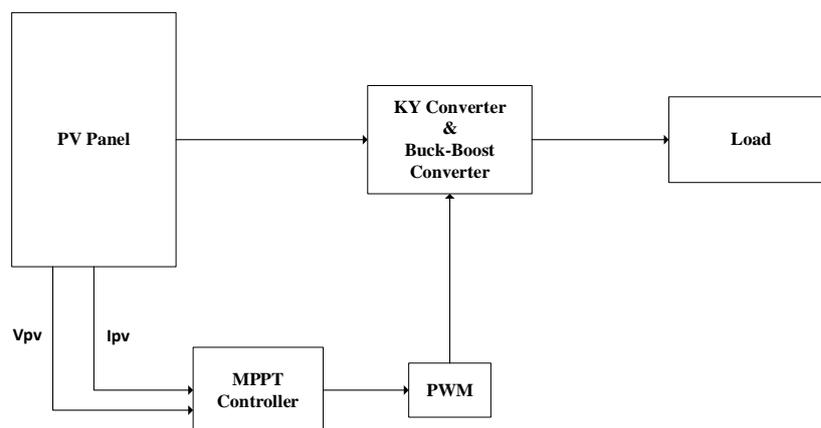
Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan tegangan keluaran PV guna mendapatkan efisiensi yang tinggi, baik dengan mengkombinasikan dua atau lebih konverter atau mengintegrasikannya dengan MPPT *controller*. Menggabungkan metode kontrol, teknik *Pulse Width Modulation* (PWM), dan KY *converter*. Penelitian tersebut juga mengintegrasikan KY *converter* dan CUK *converter*, KY *converter* dan SEPIC *converter*, serta menginterpretasikan beberapa strategi yang digunakan dalam mengimplementasikan KY *converter* dan penerapannya. Hasil yang didapatkan bahwa KY *converter* memberikan riak keluaran yang rendah dan respon transien yang cepat dibandingkan dengan konverter DC-DC lainnya (Kumar et al., 2022). KY *converter* yang diintegrasikan dengan SEPIC *converter* diatur oleh PI *controller* yang disesuaikan dengan menggunakan algoritma *Gray Wolf Optimization* (GWO) untuk mengatasi masalah optimisasi yaitu memperlancar keluaran daya dan menghasilkan efisiensi yang tinggi. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa sistem ini memberikan operasi sistem yang efisien dalam hal kontrol keseimbangan daya dan MPPT. Pendekatan algoritma GWO menawarkan konvergensi cepat menuju optimal global serta standar deviasi yang lebih rendah jika dibandingkan dengan metode pengoptimalan lainnya. Selain itu, hasil yang diperoleh mengungkapkan bahwa sistem yang diusulkan memiliki *ripple* tegangan dan arus yang lebih rendah dengan kerugian *switching* yang diminimalkan (Vasumathi et al., 2023). Mengusulkan topologi konverter DC-DC Zeta-KY tiga *port* dengan struktur *Multi-Input Single-Output* (MISO). Hasil pada penelitian ini menunjukkan

keefektifan topologi Zeta-KY. Dimana, pengiriman daya maksimum dari PV dipastikan oleh *Zeta converter* sementara regulasi beban, pengisian, dan pengosongan baterai dua arah dipastikan oleh *KY converter*. *KY converter* mampu memberikan tegangan konstan ke jaringan *DC output*. Konverter yang diusulkan telah mengurangi jumlah komponen dan menunjukkan peningkatan efisiensi sebesar 94% jika dibandingkan dengan konverter konvensional lainnya (Chandran et al., 2021).

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa peningkatan daya dan efisiensi dapat dilakukan dengan banyak cara baik membuat sebuah topologi baru maupun dengan mengintegrasikan sebuah sistem. Penelitian ini merancang kombinasi *KY converter* dan *buck-boost converter* untuk meningkatkan tegangan masukan DC ke level tegangan keluaran yang lebih tinggi. Dimana, topologi ini merupakan pengembangan dari konverter KY (Sumanth et al., 2020). Rangkaian kombinasi konverter ini diimplementasikan pada PV untuk menaikkan tegangan keluaran PV. Penggunaan kombinasi konverter ini diharapkan mampu menaikkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dengan efisiensi yang lebih baik.

METODE PENELITIAN

Perancangan kombinasi KY dan *Buck-Boost converter* ini dirancang menggunakan *software* MATLAB/SIMULINK. Topologi yang diusulkan terdiri dari rangkaian PV, kombinasi KY dan *Buck-Boost converter*, dan diintegrasikan dengan *MPPT controller*.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

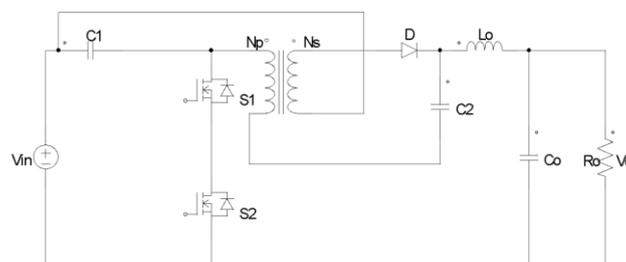
Blok diagram sistem pada Gambar 1 menunjukkan prinsip kerja PV dimana kinerja PV bergantung oleh intensitas cahaya matahari untuk menghasilkan tegangan dan arus. Kemudian tegangan dan arus akan diatur menggunakan sinyal kontrol pada MPPT *Controller* untuk menghasilkan nilai daya yang optimum pada sistem PV. Setelah itu, KY *converter* dan *buck-boost converter* akan menerima sinyal PWM yang sudah terkendali dan juga memastikan bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan akan selalu lebih besar dari tegangan puncak.

Desain Photovoltaic (PV)

PV yang dibutuhkan dalam perancangan sistem sebesar 1 kWp dengan PV panel sebanyak 4 buah, dimana masing-masing PV berkapasitas sebesar 250 Watt. Pada sistem penelitian ini empat PV akan dihubungkan secara seri. Sehingga, hasil konfigurasi PV menghasilkan tegangan keluaran sebesar 148,8 V.

Desain Kombinasi KY dan Buck-Boost Converter

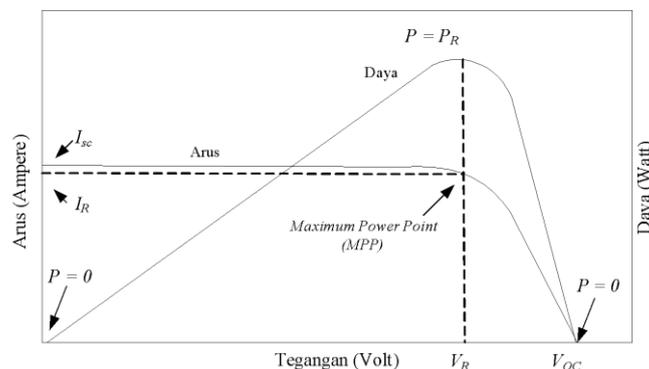
Gambar 2 merupakan topologi konverter yang diusulkan yaitu kombinasi KY dan *buck-boost converter*. Rangkaian ini berisi komponen dua sakelar MOSFET S1 dan S2, transformator yang terdiri dari belitan primer N_p dan belitan sekunder N_s , satu kapasitor transfer energi C1, satu kapasitor pompa energi C2, satu dioda D, satu induktor keluaran L_o , satu kapasitor keluaran C_o , satu resistor keluaran R_o , tegangan masukan V_{in} , dan tegangan keluaran V_o . Semua komponen pada rangkaian ini dianggap ideal dan bekerja pada keadaan *Continuous Conduction Mode (CCM)* yang artinya bahwa arus yang mengalir melalui induktor L_m dan induktor keluaran L_o akan selalu bernilai positif. Rangkaian kombinasi KY dan *buck-boost converter* merupakan rangkaian kombinasi DC-DC *converter* yang dapat meningkatkan level tegangan keluaran yang lebih tinggi.



Gambar 2. Rangkaian kombinasi KY dan *buck-boost converter*

Prinsip Kerja MPPT controller

Penelitian ini menggunakan algoritma MPPT *Perturb and Observe* (P&O) untuk melacak titik daya maksimum PV. *Algoritma Perturb and Observe* (P&O) beroperasi mendeteksi gangguan pada tegangan PV secara berkala dengan memvariasikan *duty cycle*, dan mengamati daya PV untuk meningkatkan atau menurunkan tegangan PV (Sitanggang et al., 2021). Metode ini bekerja dengan cara *perturbing* (menaikkan atau menurunkan) *duty cycle*.



Gambar 3. Kurva karakteristik I-V dan P-V

HASIL DAN PEMBAHASAN

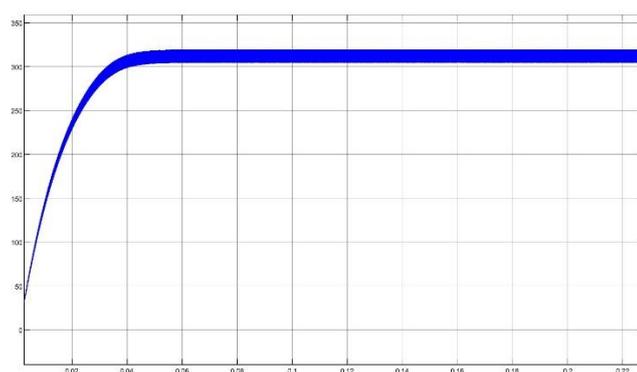
Pengujian Kombinasi KY dan *Buck-Boost Converter*

Pengujian rangkaian dilakukan untuk mengetahui performa sistem kombinasi KY dan *buck-boost converter*. Sistem pengujian ini menggunakan metode pengaturan *duty cycle* yang masih manual karena belum menggunakan MPPT controller. Sistem ini dirancang untuk mengatur besar sinyal PWM dengan mengubah *duty cycle* secara manual dengan iradiasi dan temperatur PV sebagai masukan. Besar pulsa sinyal PWM tersebut akan disalurkan kepada DC-DC kombinasi KY dan *buck-boost converter*.

Nilai iradiasi dan temperatur diubah-ubah agar keluaran PV berubah-ubah sehingga dapat diketahui performa dari konverter. Pada pengujian sistem ini, *duty cycle* diatur konstan sebesar 70% pada tegangan beban sebesar 311 V. Untuk efisiensi yang dihasilkan masih kurang baik dengan rata-rata 73% di kedua variasi. Rendahnya efisiensi dapat disebabkan oleh rugi-rugi pada transformator.

Gambar 4 menunjukkan gelombang tegangan dari konverter pada saat iradiasi 1000 W/m² dan temperatur 25°C. Gelombang tegangan keluaran dan arus keluaran

mencapai kondisi *steady state* dalam waktu 0,06 s. Artinya, respon sistem dalam mencapai kondisi stabil memerlukan waktu yang sangat cepat. Selain itu, tegangan keluaran dan arus keluaran dari rangkaian kombinasi KY dan *buck-boost converter* ini menghasilkan arus keluaran *non-pulsating*, dan *ripple* tegangan keluaran yang rendah yaitu sebesar 1,038 V sehingga dapat mengurangi fluktuasi pada tegangan keluaran.



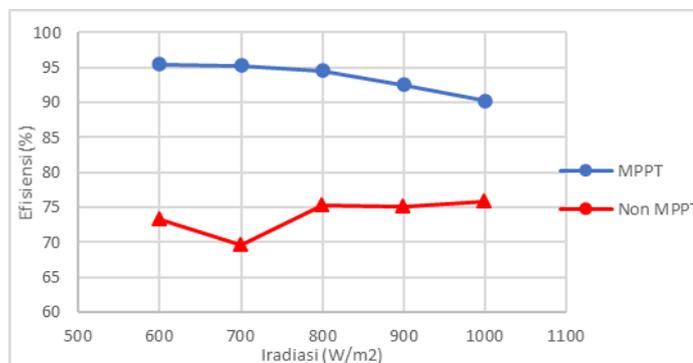
Gambar 4. Gelombang tegangan keluaran kombinasi KY dan *buck-boost converter*

Pengujian MPPT Controller

Pengujian ini mengintegrasikan sistem rangkaian kombinasi KY dan *buck boost converter* dengan MPPT controller. Performa sistem dengan MPPT controller lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan MPPT controller. Hal itu dikarenakan, rangkaian sebelumnya masih menggunakan metode pengaturan *duty cycle* secara manual. Kemudian, ditambahkan MPPT controller untuk mengontrol *duty cycle* dengan cara memasukkan nilai PID (Proporsional, Integral, dan Derivatif) agar hasil yang didapatkan optimal. Kombinasi KY dan *buck-boost converter* dengan MPPT controller menaikkan tegangan dan arus keluaran sebesar 325,5 V dan 2,71 A. Kemudian, daya yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan MPPT controller. Dimana, daya maksimum yang dihasilkan sebesar 881,29 Watt dengan efisiensi sebesar 90,21%.

MPPT controller bekerja untuk menaikkan daya konverter sehingga efisiensi yang dihasilkan lebih optimal. Perubahan tersebut terjadi akibat adanya MPPT controller yang bekerja secara kontinu untuk memastikan PV selalu beroperasi pada titik daya maksimum dan melacak MPP secara *real-time*, serta MPPT controller akan

membantu menjaga stabilitas sistem panel surya. Perbandingan kinerja sistem tanpa menggunakan MPPT dan dengan menggunakan MPPT dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik perbandingan efisiensi sistem kombinasi KY dan *buck-boost converter* dengan MPPT dan Tanpa MPPT

Sistem kombinasi KY dan *buck-boost converter* mengalami kenaikan efisiensi yang signifikan ketika diintegrasikan dengan MPPT *controller*. Sebelum diintegrasikan dengan MPPT *controller*, efisiensi rata-rata yang dihasilkan hanya sebesar 73,85%. Namun, setelah diintegrasikan dengan MPPT *controller* maka efisiensi rata-rata menjadi 93,59%.

SIMPULAN

Dari hasil perancangan, pengujian dan analisa maka dapat disimpulkan bahwa sistem kombinasi KY dan *buck-boost converter* memiliki *ripple* tegangan yang rendah, gelombang arus yang dihasilkan *non-pulsating*, dan respon sistem yang cepat dan kontinu untuk mencapai kondisi *steady state* yaitu sebesar 0,06 s. Performa sistem PV dan kombinasi KY dan *buck-boost converter* diintegrasikan dengan MPPT *controller* lebih baik dibandingkan dengan tanpa MPPT *controller*. Efisiensi yang dihasilkan sebesar 90,21% dan daya maksimum yang dihasilkan 881,29 Watt dengan tegangan beban sebesar 311 V.

Saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan perubahan perancangan pada transformator agar dapat menghindari rugi-rugi daya keluaran sehingga efisiensi pada konverter dapat lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Chandran, I. R., Ramasamy, S., Ahsan, M., Haider, J., & Rodrigues, E. M. G. (2021). Implementation of non-isolated zeta-ky triple port converter for renewable energy applications. *Electronics (Switzerland)*, *10*(14).
- Kumar, K. R., Raja, K. R., Padmanaban, S., Muyeen, S. M., & Khan, B. (2022). Comprehensive Review of KY Converter Topologies, Modulation and Control Approaches With Their Applications. *IEEE Access*, *10*, 20978–20994.
- Mustafa, R. J., Gomaa, M. R., Al-Dhaifallah, M., & Rezk, H. (2020). Environmental impacts on the performance of solar photovoltaic systems. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(2), 1–17.
- Shayeghi, H., Pourjafar, S., & Sedaghati, F. (2020). A buck-boost converter; design, analysis and implementation suggested for renewable energy systems. *Iranian Journal of Electrical and Electronic Engineering*, *17*(2), 1–14.
- Sitanggang, G. B., Andromeda, T., & Sinuraya, E. W. (2021). Perancangan Kontrol Mppt Dengan Metode P&O Pada Sistem Pv Di Gedung Teknik Sipil Universitas Diponegoro. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, *10*(1), 222–228.
- Sumanth, D., Janga, R., & Vijay, P. (2020). *Design of Conventional Controller for KY Converter based Standalone Hybrid System with State Space Modelling*. *8*(16), 187–191. www.ijert.org
- Vasumathi, G., Jayalakshmi, V., & Sakthivel, K. (2023). Efficiency analysis of grid tied PV system with KY integrated SEPIC converter. *Measurement: Sensors*, *27*(March), 100767. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2023.100767>