



Analisis dan Simulasi Boost Converter untuk Meningkatkan Efisiensi Sistem Photovoltaik

Suwitno^{1,2*}, Iwantono³, Suwondo⁴, Emilda Firdaus⁵, Mubarak⁶, Sri Endang Kornita⁷

¹Mahasiswa Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Riau

²Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru

³Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau, Pekanbaru

⁴Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau, Pekanbaru

⁵Fakultas Hukum Universitas Riau, Pekanbaru

⁶Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau

⁷Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Riau, Pekanbaru

e-mail : suwitno@lecturer.unri.ac.id

Abstrak

Energi terbarukan yang paling banyak digunakan adalah fotovoltaik (PV), yang dikenal karena sifatnya ramah lingkungan dan ketersediaannya melimpah. Produksi daya dari sistem PV dapat berubah seiring dengan fluktuasi kondisi lingkungan seperti suhu dan radiasi matahari. Oleh karena itu, penting untuk memantau dan mengoptimalkan daya maksimum dari sistem fotovoltaik. Banyak teknik telah dikembangkan dalam literatur untuk mencapai titik daya maksimum dengan menggunakan teknologi boost konverter. Penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan produksi daya dan meningkatkan kinerja sistem fotovoltaik (PV) dengan memanfaatkan boost konverter yang dipadukan dengan algoritma Perturb and Observe (P&O). Sistem PV yang diusulkan meliputi modul fotovoltaik, boost converter, dan algoritma MPPT berbasis metode P&O. Modul fotovoltaik Trisna Solar TSM-250PA0508 dengan 60 sel per modul dipilih untuk simulasi. Peningkatan kinerja sistem PV dicapai melalui implementasi boost konverter dan algoritma P&O yang disimulasikan menggunakan MATLAB/Simulink. Model ini digunakan untuk mensimulasikan dan mengoptimalkan tegangan, arus, dan daya keluaran sistem fotovoltaik dengan merancang parameter boost converter yang sesuai, dengan pengaruh suhu dan radiasi matahari yang mengenai PV bervariasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa perancangan parameter boost konverter yang tepat yang dikendalikan menggunakan algoritma P&O dapat mencapai efisiensi tinggi pada sistem PV. Penentuan parameter boost konverter yang tepat terbukti dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem PV secara signifikan, seperti yang dibuktikan dalam simulasi sistem PV yang dikembangkan menghasilkan efisiensi daya 67,5% sampai 97,96 %.

Kata kunci : Boost Konverter, P&O, Photovoltaik, Efisiensi

1. Pendahuluan

Perkembangan energi terbarukan semakin pesat sebagai respon terhadap kebutuhan global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengatasi masalah lingkungan, seperti pemanasan global dan perubahan iklim. Salah satu sumber energi terbarukan yang paling potensial adalah energi surya, yang diubah menjadi listrik menggunakan sistem photovoltaic (PV). Namun, sistem photovoltaic masih memiliki tantangan dalam hal efisiensi konversi energi, mengingat output yang dihasilkan panel surya bervariasi tergantung intensitas sinar matahari dan kondisi lingkungan (Herlambang, dkk, 2021; Shakoor, dkk, 2022; Zand, dkk., 2022).

Untuk meningkatkan kinerja sistem PV, diperlukan teknologi pendukung yang dapat mengoptimalkan daya keluaran dari panel surya. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah melalui penggunaan boost konverter, yaitu sebuah rangkaian konverter DC-DC yang mampu meningkatkan tegangan keluaran dari panel surya ke tingkat yang lebih tinggi, sehingga daya yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara optimal. Namun tidak ada metode standar untuk merancang konverter boost

untuk sistem fotovoltaik, dimana para insinyur biasanya merancang konverter untuk sistem PV dengan metode hit dan trial (Sadick, 2023).

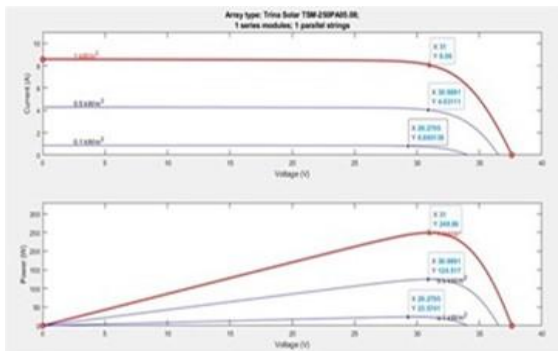
Boost konverter berperan penting dalam Maximum Power Point Tracking (MPPT), yang merupakan teknik untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh panel PV di berbagai kondisi lingkungan (Shakoor, dkk, 2022; Nicola, dkk, 2021; Yusri, dkk, 2023; Jaaffar, dkk, 2021; Bouarroudj, dkk, 2021; Banothu, dkk, 2020).

Penelitian mengenai analisis dan simulasi boost konverter dalam sistem photovoltaic menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja secara efisien dan andal. Dengan melakukan simulasi dan analisis pada boost konverter, dapat diperoleh data yang berguna untuk memperbaiki desain rangkaian serta meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem PV. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensimulasikan performa boost konverter dalam meningkatkan efisiensi sistem photovoltaic, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi energi terbarukan yang lebih efektif dan efisien.

2. Metode Penelitian

2.1. Sistem Disain Boost Konverter Untuk Meningkatkan Efisiensi Panel Surya

MPPT pada panel surya adalah proses untuk mencari titik daya maksimum pada panel surya guna meningkatkan efisiensi. Karakteristik respon panel surya berdasarkan kurva tegangan dan arus menunjukkan bahwa arus akan berubah sesuai dengan perubahan tegangan, dan karakteristik ini akan bervariasi tergantung pada radiasi dan suhu yang mengenai permukaan panel surya. Perkalian antara arus dan tegangan menghasilkan grafik daya, di mana pada grafik daya tersebut terdapat satu titik daya maksimum, yaitu nilai daya tertinggi dari panel surya. Adapun karakteristik panel fotovoltaik pada suhu 25°C dengan radiasi yang bervariasi 500 W/m², 800 W/m², dan 1000 W/m² ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Enunjukkan Karakteristik Kurva I-V Dan V-P Untuk Sistem Fotovoltaik Dengan Tingkat Iradiasi Yang Bervariasi

Agar panel surya beroperasi dengan efisiensi optimal, panel harus dijalankan pada titik daya maksimum ini. Karena radiasi dan suhu yang mengenai permukaan panel surya tidak dapat dikendalikan, salah satu cara untuk mencapai titik daya maksimum adalah dengan mengatur tegangan keluaran panel surya. Pengaturan tegangan ini dapat dilakukan dengan menggunakan konverter DC-DC, dalam hal ini jenis boost konverter yang dapat meningkatkan tegangan keluaran. Pengaturan tegangan keluaran konverter ini dilakukan dengan mengatur duty cycle dari saklar. Untuk menemukan duty cycle yang tepat agar tegangan keluaran boost konverter mencapai titik daya maksimum, digunakan algoritma MPPT. Beberapa algoritma MPPT yang telah diteliti oleh para ahli meliputi metode P&O (Ibrahim,dkk, 2023; Kavya dan Jayalaliyha, 2020; Yan, dkk, 2019; Lahari, dkk, 2019), Fuzzy Logic Controller (Rajkumar, dkk, 2023; Boonraksa, dkk,2022; Basha, dkk, 2022; Napole, dkk, 2021; Soediby, dkk, 2021; Samadi dan Rakhtala, 2019; Cardozo, dkk, 2019), dan Pengendali Proporsional Integral. Algoritma MPPT ini membantu menentukan duty cycle yang sesuai untuk menghasilkan tegangan keluaran boost

konverter yang optimal pada titik daya maksimum. Dalam penelitian untuk melihat kinerja boost konverter dalam menemukan duty cycle yang tepat, agar tegangan keluaran boost konverter mencapai titik daya maksimum digunakan MPPT berbasis P&O.

2.2. Desain Boost Konverter Konvensional

Untuk mendisain boost konverter konvensional, dimana sumber listriknya (V_i) nilai konstan atau tetap, sumber catu daya listrik biasanya berasal dari baterai atau dari hasil penyearah. Adapun parameter boost konverter seperti ; duty cycle, induktor, kapasitor, dan tahanan beban (Rashid,1993) dan raik tegangan output (V_o) dan arus riak (I_o), biasanya diketahui.

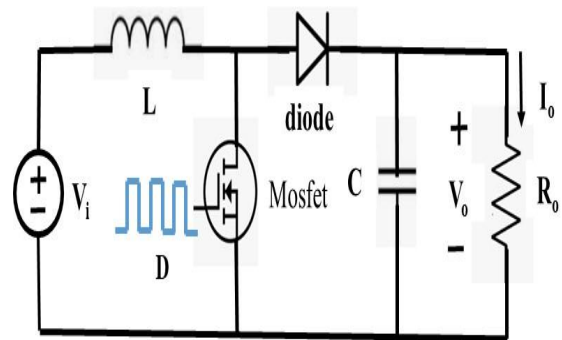
$$\text{Duty cycle : } D = 1 - \frac{V_i}{V_o}$$

$$\text{Induktor : } L = \frac{D \times V_i}{\Delta I_L \times f_s}$$

$$\text{dimana } \Delta I_L = \frac{(0,2 - 0,4) I_o V_o}{V_i}$$

$$\text{Kapasitor : } C = \frac{D \times I_o}{\Delta V_o \times f_s}, R_o = \frac{V_o^2}{P_o}$$

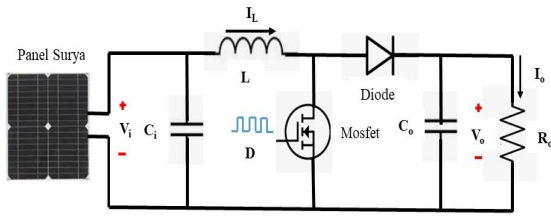
Riak arus output (I_o) diijinkan 20% to 40% dari arus output dan riak tegangan output (V_o) 0,1% dari tegangan output (Hauke, 2010). Rangkaian Konverter Boost konverter konvensional disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Konverter Boost DC-DC konvensional (Rashid, 1993)

2.3. Desain Boost Konverter Sumber Listriknya Photovoltaik

Pada Konverter Boost DC-DC Terhubung ke photovoltaik, nilai parameter tegangan masukan konverter V_i tidak tetap/konstan. Akibatnya V_o juga tidak konstan. Untuk melacak titik daya maksimum pada MPP, nilai D terus berubah setiap saat. Adapun rangkaian DC-DC konverter yang sumber listrik dari photovoltaik ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Konverter Boost DC-DC Terhubung ke Photovoltaik (Sadick, 2023)

Tidak ada metode standar untuk merancang konverter boost untuk sistem fotovoltaik, dimana para Insinyur biasanya merancang konverter untuk sistem PV dengan metode hit dan trial.

Langkah-langkah disain parameter pada boost konverter pada sistem photovoltaik, maka dilakukan cara sebagai berikut :

Pertama: Menentukan spesifikasi module PV pada Standart Test Condition (STC) adalah untuk mengukur kinerja maksimal suatu panel surya pada suatu kondisi dimana radiasi 1000W/m² dan suhu 250C dan kondisi buruk yaitu pada kondisi radiasi 50 W/m² dan temperatur 250C), dimana kemampuan tegangan turun ±10 % (Sadick, 2023).

Pada kondisi radiasi 1000W/m² dan 250C dimana tegangan maksimum (Vmp), arus maksimum (Imp), dan daya maksimum (Pmp) yaitu paramater sesuai data sheet photovoltaik yang digunakan. Namun pada saat kondisi buruk pada radiasi 50W/m² dan 250C , tegangan yang dapat dibangkitkan maksimumnya 90% dari nilai tegangan maksimum data sheet, dan daya maksimum yang dapat diperoleh sebesar 5% dari daya maksimum data sheet, dengan spesifikasi riak arus dan tegangan yaitu V sebesar 0,2%, dan I sebesar 40% (Sadick, 2023).

Kedua : Menghitung resistansi internal modeul PV pada Maximum Power Point (MPP) :

Untuk radiasi 1000 W/m² dan suhu 25°C dan radiasi 50W/m² dan suhu 25°C dengan menggunakan matematis (Sadick, 2023) :

$$R_{mp} = \frac{V_{mp}}{I_{mp}}$$

Ketiga : rnenghitung resistansi beban (Ro) (Sadick, 2023) :

$$R_o = 2,5 \times R_{mp} \left(\text{pada } 50 W / m^2 \text{ dan } 25^0 C \right).$$

Keempat : Menghitung nilai duty cycle pada

MPP(Sadick, 2023) : $D_{mp} = 1 - \sqrt{\frac{R_{mp}}{R_o}}$, masing-

masing untuk radiasi 1000W/m² dan suhu 25°C dan radiasi 50W/m² dan suhu 25°C.

Kelima : Menghitung nilai tegangan output Vo dan Arus output Io (Sadick, 2023)

$$: V_o = \frac{V_i}{1-D} \text{ dan } I_o = \frac{V_o}{R_o}$$

masing-masing radiasi 1000W/m² dan suhu 25°C dan radiasi 50W/m² dan suhu 25°C.

Keenam : Menghitung nilai riak tegangan output dan arus output yaitu Vi, dan Vo pada radiasi 1000W/m² dan suhu 25°C dan Io pada radiasi 50W/m² dan suhu 25°C, dengan nilai (Sadick, 2023) : $\Delta V_i = 0,002 \times V_i$ dan $\Delta V_o = 0,002 \times V_o$ serta $\Delta I_o = 0,4 \times I_o$

Ketujuh : Menghitung resistansi input yang dipantulkan (Ri) pada input module PV (Sadick, 2023) : $R_i = R_o (1 - D^2)$, dimana duty cycle (D) diambil pada kondisi STC.

Dari langkah pertama sampai ke tujuh berdasarkan gambar 3 diperoleh persamaan untuk menentukan nilai kapasitor input (Cin) (Sadick, 2023; Hayat, dkk,2023; Nasiri, dkk,2021), Co, L (Sadick, 2023);

$$: C_I = \frac{4 \times V_{mp} \times D_{mp}}{\Delta V_I \times R_I \times f_s}, \quad C_O = \frac{2 \times V_O \times D_{mp}}{\Delta V_O \times R_O \times f_s},$$

$$L = \frac{V_{mp} \times D_{mp}}{2 \times \Delta I_O \times f_s}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk menunjukkan bahwa kinerja disain pemilihan nilai parameter pada boost konverter sudah sesuai dengan rancangan yang akan mengendalikan panel surya berbasis MPPT P&O, maka dipilih modul PV jenis Trisna Solar TSM 250PA05081 yang spesifikasi disajikan dalam.

Tabel 1. Tabel 1. Spesifikasi Module Trisna Solar TSM - 250PA0508 cell per modul : 60.

| Performance Under Standard Test Conditions (STC) | |
|--|----------|
| Maximum Power (Pmp) | 249,86 W |
| Maximum Power Current (Imp) | 8,06 A |
| Maximum Power Voltage (Vmp) | 31V |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 37,6V |
| Short Circuit Current (Isc) | 8,55A |
| STC : 1000 W/m ² , 25°C, AM1.5 | |

STC adalah standar industri yang menetapkan suhu sel sebesar 25°C dan iradiasi sebesar 1000 W/m² dengan spektrum massa udara 1,5 (AM1,5) untuk menunjukkan kinerja modul PV.

Tegangan susunan PV berubah dari nol menjadi tegangan sirkuit terbuka, karena radiasi matahari dan suhu. Tegangan masukan susunan PV tidak tetap, sehingga mengakibatkan perubahan tegangan keluaran PV.

Kinerja dalam kondisi uji standar (STC), pada radiasi 1000W/m², suhu 25°C. Menggunakan modul PV Trisna Solar TSM 250PA05081 dengan parameter :

Pmp =249,86W, Vmp = 31 V, dan Imp = 8,06A, Isc = 8,55 A.

Berikut ini dipertimbangkan sebelum memodelkan konverter boost : MOSFET sebagai alat switching dengan frekuensi switching 25KHz dipertimbangkan, Riak arus dan tegangan masing-masing adalah 0,2% dan 40%.

Untuk menemukan resistansi internal, Rmp dari modul PV pada titik daya maksimum,

$$R_{mp} = \frac{V_{mp}}{I_{mp}} = \frac{31V}{8,06A} = 3,846 \text{ ohms} \quad (1)$$

Kondisi buruk, 50W/m² pada 250C, 0,05 dari 1000W/m².

$$P_{mp} = 249,86 \text{ W} \times 0,05 = 12,493 \text{ W} \quad (2)$$

$$V_{mp} = 0,9 \times 31 \text{ V} = 27,9V \quad (3)$$

$$I_{mp} = \frac{P_{mp}}{V_{mp}} = \frac{12,493 \text{ W}}{27,9V} = 0,448A \quad (4)$$

Resistansi internal susunan PV pada mpp, Rmp dihitung untuk kondisi STC dan terburuk:

$$R_{mp} = \frac{V_{mp}}{I_{mp}} = \frac{31V}{8,06A} = 3,846 \text{ ohm} \quad (5)$$

$$R_{mp} = \frac{V_{mp}}{I_{mp}} = \frac{27,9V}{0,448A} = 62,277 \text{ ohm} \quad (6)$$

Persamaan (5) dan (6) adalah nilai Rmp untuk kondisi STC dan buruk

Resistansi beban konverter boost dihitung pada kondisi terburuk susunan PV, karena jumlah yang dihasilkan pada STC adalah 2,5:

$$R_o = 2,5 \times 62,277 \text{ ohm} = 155,692 \text{ ohm} \quad (7)$$

Rasio duty pada Mpp dihitung dari:

$$D_{mp} = 1 - \sqrt{\frac{R_{mp}}{R_o}} \quad (8)$$

$$D_{mp} = 1 - \sqrt{\frac{3,846}{155,692}} = 0,843 \text{ pada kondisi STC,} \quad (9)$$

$$D_{mp} = 1 - \sqrt{\frac{62,277}{155,692}} = 0,367 \text{ pada kondisi buruk} \quad (10)$$

Untuk tegangan output dan arus output untuk STC

$$V_o = \frac{1}{1-D} V_i \quad (11)$$

$$I_o = \frac{V_o}{R_o} \quad (12)$$

$$V_o = \frac{31V}{1-0,843} = 197,452 \text{ V} \quad (13)$$

$$I_o = \frac{197,4524 \text{ V}}{155,692 \Omega} = 1,268A \quad (14)$$

Untuk tegangan output dan arus output untuk kondisi buruk

$$V_o = \frac{27,9 \text{ V}}{1-0,367} = 44,076 \text{ V} \quad (15)$$

$$I_o = \frac{44,076 \text{ V}}{155,692 \Omega} = 0,283A \quad (16)$$

Menentukan riak tegangan dan arus, riak tegangan adalah 0,2% dari tegangan masukan dan riak arus adalah 40% dari arus keluaran. Oleh karena itu,

$$\Delta V_I = 0,002 \times 31 \text{ V} = 0,062 \text{ V} \quad (17)$$

$$\Delta V_o = 0,002 \times 197,452 \text{ V} = 0,395 \text{ V} \quad (18)$$

Untuk menghitung resistansi masukan yang dipantulkan dari susunan PV

$$R_I = R_o (1 - D^2) = 155,692 \times (1 - 0,843^2) = 45,0496 \text{ ohm} \quad (19)$$

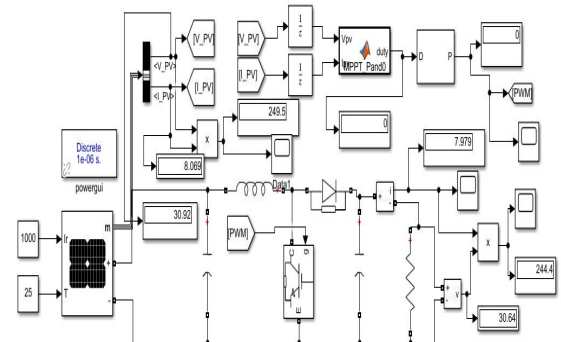
$$C_I = \frac{4 \times V_{mp} \times D_{mp}}{\Delta V_I \times R_I \times f_s} = \frac{4 \times 31 \times 0,843}{0,062 \times 45,049 \times 25.000} = 1,497016 \text{ mF} \quad (20)$$

$$C_O = \frac{2 \times V_O \times D_{mp}}{\Delta V_O \times R_O \times f_s} = \frac{2 \times 197,452 \times 0,843}{0,395 \times 155,692 \times 25.000} = 216,529 \mu\text{F} \quad (21)$$

$$L = \frac{V_{mp} \times D_{mp}}{2 \times \Delta I_O \times f_s} = \frac{27,9 \times 0,367}{2 \times 0,113 \times 25.000} = 1,812 \text{ mH} \quad (22)$$

Parameter akhir yang dirancang dari boost konverter untuk sistem PV nilai parameter Ci, Co, L, Ro dan fs adalah Ci = 1,49701mF; Co = 216,528 F; L = 1,812mH, fs =25.000 Hz, maka dipilih parameter boost konverter Ci = 1500 F; Co = 300 F; L = 2mH, Ro = 3.846 , dan fs =25.000 Hz,

Menguji Analisis dan Simulasi Panel Surya Menggunakan boost konverter yang dikendalikan MPPT berbasis P&O ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Rangkaian Analisis dan Simulasi Panel Surya Menggunakan boost konverter yang dikendalikan MPPT berbasis P&O.

Adapun program software yang diproses pada algoritma P&O seperti list dibawah ini

```
function duty=MPPT_Pand0(Vpv,Ipv)
duty_init=0;
duty_min=0;
duty_max=0.95;
delta=125e-6;

persistent Vold Pold duty_old; % 3 variabel ini
dideklarasikan secara variabel global saja

% lalu ini hanya dijalankan pertama kali aja
if isempty(Vold)
% nilai variabel awal 3 variabel dibuat nol
Vold=0;
Pold=0;
duty_old=duty_init;
end

% dan iterasi berikutnya tidak jalan
% Calculate measured array power
P=Vpv*Ipv;
% Increase or decrease duty cycle base
if (P-Pold)~=0

% jika daya sekarang dikurangi daya sebelum tidak
sama dgn nol, hal ini nilai bisa negatif, jika daya
skrg lebih kecil dari daya sebelumnya.
if (P-Pold)>0
if (Vpv-Vold)>0
duty=duty_old-delta;
else
duty=duty_old+delta;
end
else
duty=duty_old-delta;
end
end

% jika nilai daya skrg lebih besar daya sebelum
jalankan program warna biru diatas, jika tidak atau
sebaliknya jalankan program yang ini warna merah
else
if(Vpv-Vold)>0
duty=duty_old+delta;
else
duty=duty_old-delta;
end
end
else
duty= duty_old;
end

% Membatasi duty, karena pada saat dijalankan
bisa lebih dari satu atau kurang dari nol, karena
secara real duty cycle tidak bisa melebihi 100% dan
kurang dari nol.
if duty>=duty_max
duty=duty_max;
elseif duty<=duty_min
duty=duty_min;
end

% lalu diUpdate internal values
duty_old=duty;
```

Vold=Vpv;
Pold=P;

Hasil disain parameter boost konverter yang dimanfaatkan untuk pengaturan tegangan dan arus sisi kelauran panel surya yaitu $C_i = 1500 \text{ F}$; $C_o = 300 \text{ F}$; $L = 2\text{mH}$, $R_o = 3,846 \text{ } \Omega$, dan $f_s = 25.000 \text{ Hz}$, menggunakan kendali MPPT berbasis P&O diproses melalui software Simulink Matlab diperoleh data simulasi berupa tegangan, arus, dan daya keluaran panel surya dan tegangan, arus, dan daya keluaran boost konverter seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil simulasi tegangan input, arus input, daya input, tegangan output, arus output, dan daya output pada suhu 250C dan radiasi matahari bervariasi 1000W/m², 800W/m², 500W/m², 250W/m², 100W/m², dan 50W/m²,

| Radiasi (W/m ²) | V _i (V) | I _i (A) | P _i (W) | V _o (V) | I _o (A) | P _o (W) | Efisiensi |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| 1000 | 30,92 | 8,07 | 249,50 | 30,64 | 7,98 | 244,4 | 97,96% |
| 800 | 26,79 | 6,77 | 181,20 | 25,98 | 6,77 | 175,8 | 97,02% |
| 500 | 17,16 | 4,26 | 73,10 | 16,36 | 4,26 | 69,67 | 95,31% |
| 250 | 9,01 | 2,14 | 19,25 | 8,21 | 2,14 | 17,53 | 91,06% |
| 100 | 4,09 | 0,86 | 3,50 | 3,29 | 0,86 | 2,87 | 81,93% |
| 50 | 2,45 | 0,43 | 1,05 | 1,65 | 0,43 | 0,705 | 67,46% |

Berdasarkan hasil pengujian melalui simulasi dengan suhu permukaan panel surya 250C dan radiasi divariasikan 1000W/m², 800W/m², efisiensi keluaran mencapai 97 %, 500W/m², efisiensinya 95 %, 250W/m² efisiensinya 91%, 100W/m², efisiensi 82% dan 50W/m², efisiensinya 67%.

4. Kesimpulan

Disain parameter boost konverter dengan sumber listrik berasal dari panel surya yang setiap saat berubah, dengan metode analisis kondisi Standart Test Condition (1000W/m²) dan suhu 250 C dan kondisi buruk dalam hal ini radiasi 50W/m² dan suhu 250 C, dihasilkan suatu nilai parameter boost konverter dapat dihasilkan dengan kapasitor input (C_i) = 1500 F; kapasitor Output (C_o) = 300 F; induktor (L) = 2mH, $R_o = 3,846 \text{ } \Omega$, dan $f_s = 25.000 \text{ Hz}$. Setelah parameter boost konverter diterapkan pada saat simulasi Simulink Matlab yang dikendalikan MPPT berbasis P&O diperoleh efisiensi daya diantara 67,5% sampai 97,96 %. Berdasarkan hasil efisiensi daya yang dihasilkan maka hasil rancangan parameter boost konverter dinyatakan valid.

Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen-dosen Program Pascasarjana, Doktor Ilmu Lingkungan, Universitas Riau yang telah memberi dukungan ilmu pengetahuan terhadap pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Yusuf Dewantoro Herlambang, Jopan Desandra Armanah, Zakki Fuadi Emzain, Ahmad Hamim Su'udy, Fatahul Arifin. 2021. Simulasi Solar Cell Dan Solar Module Dengan Matlab Simulink Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Prosiding NCIET Vol. 2 (2021): B184-B193* 2nd National Conference of Industry, Engineering and Technology 2021, Semarang, Indonesia.
- [2] Ahlam Mohamad Shakoor, Hersh Hasan Taha. 2022. Modelling and Simulation of Perturb and Observe MPPT Algorithm Based on The PI Controller for Photovoltaic System. *Kurdistan Journal of Applied Research | Volume 7(2) : 71-83. December 2022.* <https://doi.org/10.24017/Science.2022.2.6>
- [3] Sanaz Jalali Zand, Saleh Mobayen, Hamza Zad Gul, Hossein Molashahi, Mojtaba Nasiri, and Afef Fekih. 2022. Optimized Fuzzy Controller Based on Cuckoo Optimization Algorithm for Maximum Power-Point Tracking of Photovoltaic Systems. *Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2022.3184815.* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9819805>
- [4] Abubakari Sadick. 2023. Maximum Power Point Tracking Simulation for Photovoltaic Systems Using Perturb and Observe Algorithm. DOI: 10.5772/intechopen.111632.
- [5] Marcel Nicola, Claudiu-Ionel Nicola. 2021. Improved Performance of Grid-Connected Photovoltaic System Based on Fractional-Order PI Controller and Particle Swarm optimization . Published in: 2021 9th International Conference on Modern Power Systems (MPS). DOI: 10.1109/MPS52805.2021.9492707
- [6] N. A. Yusri, S. N. H. M. Tarmizi, M. I. Zakaria, S. F. M. Hussein, A. R. A. A. Emhemed, 2023. Enhancing Photovoltaic System Efficiency Through Fuzzy Logic-Based Maximum Power Point Tracking. *International Journal of Electrical Engineering and Applied Sciences (IJEEAS), Vol. 6(2): 44-52. October 2023.* <https://ijeeas.utm.edu.my/ijeeas/article/view/6173>
- [7] Jaaffar J. Duair, Ammar I. Majeed, Ghusoon M. Ali. 2021. Design Of Maximum Power Point Tracker Controller For Boost Converter Photovoltaic Array System Based On Fuzzy Mamdani Logic. *Journal of Engineering and Sustainable Development: 1-13-1-25.* <https://doi.org/10.31272/jeas.conf.2.1.3>
- [8] Noureddine Bouarroudj, Thameur Abdelkrim, Maissa Farhat, Vicente Feliu-Batlle, Bouallem Benlahbib , Djamel Boukhetala, Fares Boudjem. 2021. Fuzzy Logic Controller Based Maximum Power Point Tracking and its Optimal Tuning in Photovoltaic Systems. *SERBIAN JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING Vol. 18(3): 351-384. October 2021.* DOI: <https://doi.org/10.2298/SJEE2103351B>.
- [9] Dr. Mohan Banothu, B. Sireesha. 2020. Using MATLAB Simulink, design and simulation of a fuzzy logic controller-based MPPT for a PV module. *UGC Care Group I Listed Journal), Vol10(11): 67-70. No.03 November 2020.* http://www.junikhyatjournal.in/no_1_nov_20/8.pdf
- [10] Mohammad Haziq Ibrahim, Swee Peng Ang, Muhammad Norfauzi Dani, Mohammad Ishlah Rahman, Rafidah Petra , and Sheik Mohammed Sulthan. 2023. Optimizing Step-Size of Perturb & Observe and Incremental Conductance MPPT Techniques Using PSO for Grid-Tied PV System. Vol.11, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=10038703>
- [11] M. Kavya & S. Jayalalitha. 2020. Developments in Perturb and Observe Algorithm for Maximum Power Point Tracking in Photo Voltaic Panel: A Review. Vol.28 : 2447–2457, (2021). <https://doi.org/10.1007/s11831-020-09461-x>
- [12] Ke Yan; Yang Du; Zixiao Ren. 2019. MPPT Perturbation Optimization of Photovoltaic Power Systems Based on Solar Irradiance Data Classification. *IEEE Transactions on Sustainable Energy. Vol. 10(2): 514 – 521. April 2019.* DOI: 10.1109/TSTE.2018.2834415
- [13] MV Pankaj Lahari ; K.Rama Sudha, R.Vijaya Santhi. 2019. Statechart Models of MPPT Controller for a Photo-Voltaic System in Co-Simulation Environment. *TENCON 2019 - 2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON).* DOI: 10.1109/TENCON.2019.8929462
- [14] R. Rajkumar; N. Selvarani; B Bradley Bright, S. Kaliappan; B.V. Sai Thrinath; A X Amal Rebin. 2023. Photovoltaic System based on Closed Loop DC-DC Converter with Fuzzy Logic Controller. Published in: 2023 4th International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC); DOI: 10.1109/ICESC57686.2023.10193418.
- [15] Promphak Boonraksa, Teetawat Chaisa-Ard; Suticha Sommat; Pipatpong Pimpru; Terapong Booraks, 2022. Design and Simulation of Fuzzy logic controller based MPPT of PV module using Matlab Simulink. Published in: 2022 International Electrical Engineering Congress (iEECON). DOI: 10.1109/iEECON53204.2022.9741641
- [16] CH Hussaian Basha, P. Akram, M. Murali, T. Mariprasath & T. Naresh .2022. Design of an Adaptive Fuzzy Logic Controller for Solar PV Application with High Step-Up DC–DC Converter. *Proceedings of Fourth International Conference on Inventive Material Science Applications. Advances in Sustainability Science and Technology.* Springer, Singapore: 349–360. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4321-7_30, Published 20 October 2021, Publisher Name Springer, Singapore.
- [17] Cristian Napole and Mohamed Derbeli and Oscar Barambones, 2021. Fuzzy Logic Approach for Maximum Power Point Tracking Implemented in a Real Time Photovoltaic System. *Appl. Sci.* 2021, 11, 5927. <https://doi.org/10.3390/app11135927>.
- [18] Soediby; Avian Lukman Setya Budi; Mochamad Ashari; Moch Siswan Afandi, Feby Agung Pamuji, A Design of Automatic Photovoltaic Pollutant Mitigation Device Based on Fuzzy Logic Controller. Published in: 2021 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic). Publisher in : 2021 IEEE DOI: 10.1109/iSemantic52711.2021.9573230
- [19] Mohamadreza Samadi & Seyed Mehdi Rakhatala. 2019. Reducing Cost and Size in Photovoltaic Systems Using Three-Level Boost Converter Based on Fuzzy Logic Controller. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering, Volume 43, pages 313–323, (2019).* <https://doi.org/10.1007/s40998-018-0145-6>
- [20] Darwin O. Cardozo, Mauricio Pardo; Carlos R. Algarín. Fuzzy Logic Controller for Maximum Power Point Tracking Based on Voltage Error Measurement in Isolated Photovoltaic Systems. Published in: 2018 IEEE ANDESCON ; DOI: 10.1109/ANDESCON.2018.8564680
- [21] Muhammad M. Rashid, 1993. *Power electronics Circuits, Devices, and applications*, scnd edition, Prentice-Hall International, Inc.
- [22] Brigitte Hauke, Basic Calculation of a Boost Converter's Power Stage, *Aplication Report SLVA3728* _November 2009-Revised July 2010, Texas Instruments. *Low Power DC/DC Application*
- [23] Aamir Hayat, Daud Sibtain, Ali F. Murtaza, Sulman Shahzad, Muhammad Sheheryar Jajjaand Heybet Kilic. Design and Analysis of Input Capacitor in DC–DC Boost Converter for Photovoltaic-Based Systems. *Sustainability* 2023, 15, 6321. <https://doi.org/10.3390/su15076321>
- [24] Mojtaba Nasiri, Subhash Chandra, Morteza Taherkhani, S.J. McCormack, Impact of Input Capacitors in Boost Converters on Stability and Maximum Power Point Tracking in PV systems. DOI: 10.1109/PVSC43889.2021.9518903