

Perancangan Dan Implementasi *Maximum Power Point Tracking* Pada Fotovoltaik Menggunakan *Buck Boost Converter* Dengan Algoritma *Perturb Observe*

1st Muhammad Judith Tyas

School of Electrical Engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

kakangyudith@student.tekomuniversity.ac.id

2nd Erwin Susanto

School of Electrical Engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

erwinelektro@telkomuniversity.a.id

3rd Estananto

School of Electrical Engineering

Telkom University

Bandung, Indonesia

estananto@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensinya sangat besar di Indonesia, namun efisiensi panel surya masih relatif rendah akibat pengaruh intensitas cahaya dan temperatur. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan konverter DC-DC buck-boost dengan algoritma Perturb and Observe (P&O) untuk mengoptimalkan daya keluaran panel surya. Sistem diuji menggunakan modul panel surya 100 Wp dengan pengujian pada kondisi radiasi maksimum tanpa mempertimbangkan orientasi panel. Algoritma P&O bekerja dengan mengatur duty cycle konverter untuk menjaga titik operasi pada daya maksimum. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konverter dapat beroperasi pada mode buck saat duty cycle di bawah 50% dan mode boost saat duty cycle di atas 50%. Tanpa algoritma MPPT, rata-rata efisiensi sistem sebesar 65,11%, sedangkan penerapan algoritma P&O meningkatkan efisiensi menjadi 68,89%, atau terjadi peningkatan sebesar 3,78%. Dengan demikian, penerapan algoritma P&O terbukti efektif meningkatkan efisiensi sistem PV berbasis buck-boost converter.

Kata kunci— Panel Surya, MPPT, Buck Boost, Perturb and Observe

I. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tidak ada habisnya dan juga tidak menghasilkan emisi, serta telah digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari[1]. Mengingat pembangkit listrik berbahan fosil yang memiliki dampak pemanasan global yang mengkhawatirkan, maka dari itu energi surya dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Potensi energi matahari bisa dimanfaatkan di Indonesia karena, terletak di daerah yang beriklim tropis, hal ini bisa membagikan energi listrik menggunakan panel surya[2]. Terdapat beberapa sistem yang sudah ada dari pemanfaatan energi surya ini, dalam implementasinya masih terjadi permasalahan cara memaksimalkan kinerja dari sistem dan efisiensi transmisi daya dari PV ke tempat penyimpanannya.

Permasalahan utama dari penggunaan PV adalah pembangkitan tenaga listrik yang rendah, terutama saat

radiasi matahari yang rendah dan suhu. Oleh karena itu Maximum Power Point Tracker (MPPT) memiliki banyak Teknik yang sudah diusulkan seperti *Perturb and Observe*, *Incremental Conductance*, *Short Circuit Current*, *Fuzzy Logic method*, dll[1]. Setiap metode terdapat perbedaannya masing – masing seperti kesederhanaannya, efektivitas, parameter yang dibutuhkan, kecepatan, dan biaya [2].

Pada penelitian kali ini dilakukan implementasi dan analisis pada perancangan sistem MPPT pada PV menggunakan algoritma *Perturb and Observe*. Untuk merealisasikan penelitian kali ini ada beberapa komponen yang akan digunakan seperti panel surya, DC-DC *Buck Boost Converter*, dan MPPT kontroller. Penelitian kali ini memfokuskan pencarian titik daya maksimum yang dihasilkan oleh PV menggunakan algoritma *Perturb and Observe*. Dengan menggunakan converter DC-DC *Buck Boost* akan merubah keluaran pada panel surya apakah perlu dinaikkan atau diturunkan *duty cycle*, sampai mendapatkan daya maksimal. Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu merancang sistem MPPT *Perturb and Observe* untuk meningkatkan daya pada PV dan menganalisis sistem MPPT menggunakan algoritma *Perturb and Observe* dan tanpa menggunakan MPPT dalam mengoptimalkan daya yang dikeluarkan.

II. KAJIAN TEORI

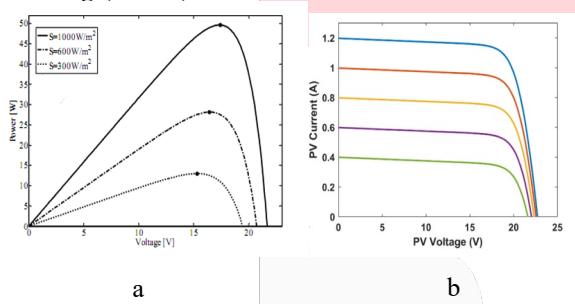
Bab ini akan membahas teori dan konsep utama yang menjadi dasar penelitian, meliputi *Photo Voltaic* (PV), DC-DC *Buck Boost Converter*, *Maximum Power Point Tracking* (MPPT), dan Algoritma P&O. Dengan adanya landasan teori pada penelitian ini, diharapkan memberikan pemahaman yang kuat untuk konsep dan perancangan sistem yang dibuat.

A. Photo Voltaic (PV)

Photovoltaic atau panel surya merupakan sebuah perangkat yang dapat mengubah energi surya menjadi energy listrik. Panel surya menghasilkan keluaran arus listrik Direct Current (DC), panel surya menghasilkan listrik dari bahan semikonduktor yang terpapar oleh matahari [3]. Panel surya terdiri dari beberapa sel surya kecil yang terbuat dari bahan

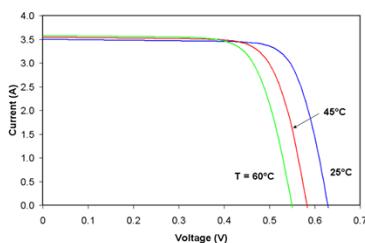
semikonduktor, ketika matahari mengenai sel surya maka partikel energi matahari ini akan diserap oleh material semikonduktor. Ketika photovoltaic ini mendapatkan masukan berupa cahaya matahari dan temperatur akan menghasilkan arus. Besaran arus yang dihasilkan oleh photovoltaic berbanding lurus dengan intensitas matahari yang masuk, intensitas matahari akan berubah ubah seiring berjalanannya waktu karena adanya pergeseran posisi matahari dan cuaca [4].

Adapun karakteristik pada PV dimana V-I sel surya adalah *nonlinier* dan bisa berubah terhadap radiasi dan suhu pada permukaan sel surya [5]. Terdapat titik pada kurva V-I atau kurva V-P yang dinamakan *Maximum Power Point* (MPP), pada titik MPP sel surya menghasilkan daya keluaran yang paling besar dan efisiensi pada sel surya bekerja dengan maksimum. Pada titik MPP nilai daya maksimum tidak diketahui secara langsung, tetapi letak dari MPP bisa dicari untuk berada dititik paling maksimal dengan menggunakan perhitungan atau algoritma yang disebut *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).



GAMBAR 1

(a) Karakteristik P-V Level Iradiasi yang Berbeda (b) Karakteristik I-V Pada level Iradiasi yang Berbeda[5][10]



GAMBAR 2

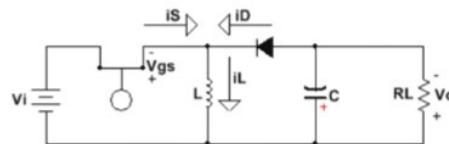
Karakteristik I-V Terhadap Suhu Permukaan Panel Surya[9]

Pada gambar 1 dan Gambar 2 merupakan kurva panel surya terhadap radiasi dan suhu, dimana pada Gambar 1 saat radiasi meningkat tegangan yang dihasilkan panel surya relatif konstan dibandingkan dengan arus [6]. Sedangkan saat suhu meningkat nilai tegangan yang dihasilkan oleh panel surya ini menurun. MPP akan bergantung kepada nilai radiasi dan suhu yang dihasilkan oleh matahari[6].

B. DC-DC Buck Boost Converter

Pada penelitian kali ini jenis konverter yang digunakan sebelum dikirimkan ke beban adalah *Buck Boost Converter*. Tegangan dan arus yang dihasilkan oleh PV akan diolah terlebih dahulu oleh DC-DC *Buck Boost Converter*. Fungsi dari konverter ini untuk mengubah level tegangan yang dihasilkan oleh PV lebih tinggi atau ke level yang lebih rendah[7]. *Buck Boost* converter merupakan pengembangan *converter* generasi yang sebelumnya yaitu *buck* dan *boost*

converter[8][11]. Secara komposisi rangkaian, jenis konverter ini tidak memiliki perbedaan dengan jenis yang lainnya karena hanya terdiri dari rangkaian R-L-C (Resistor, Induktor, dan Kapasitor)[4]. Perbedaan pada jenis konverter seperti *buck* converter itu hanya bisa digunakan untuk menurunkan tegangan, sedangkan *Boost* konverter hanya bisa untuk menaikkan tegangan. *Buck Boost Converter* dapat menurunkan dan menaikkan tegangan keluaran pada PV.



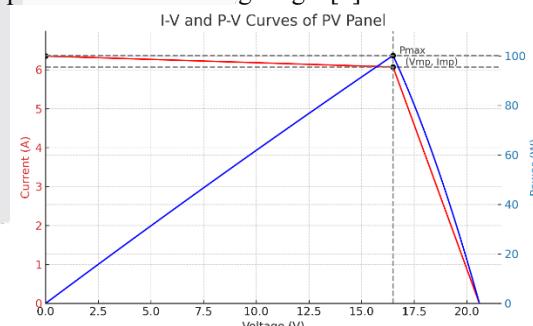
GAMBAR 3
Rangkaian Buck Boost Coverter[11]

Pada Gambar 3 merupakan rangkaian *buck boost converter*, converter ini memiliki dua kondisi dimana saat kondisi saklar ON dan saklar OFF. Selama saklar tertutup, maka dioda akan bekerja secara reverse bias sehingga arus yang masuk ke diode akan bernilai nol[7]. Sebaliknya, jika saklar terbuka dioda akan bekerja secara forward bias dan induktor mengalirkan tegangan dan arus ke kapasitor dan beban.

C. Maximum Power Point Tracking (MPPT).

Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan sebuah teknik untuk melacak titik daya keluaran tertinggi pada PV. Titik maksimum yang dihasilkan PV akan bervariasi nilainya, dikarenakan keluaran dari PV tergantung dari radiasi dan suhu yang didapatkan. Prinsip kerja dari MPPT itu mencari titik keluaran dari PV di kurva karakteristik P-V[9].

Pada daya keluaran panel surya yang bervariasi nilainya, maka sistem MPPT akan mengubah titik kerja dan konverter akan menyesuaikan kemampuannya untuk selalu mencapai titik maksimum. Kurva karakteristik pada PV akan bervariasi nilai maximumnya, oleh karena itu arus dan tegangan operasi yang keluarannya daya akan berubah seiring perubahan kondisi lingkungan[9].



GAMBAR 4
Kurva I-V dan P-V

Pada gambar 4 merupakan grafik MPPT yang sesuai dengan spesifikasi dari PV MY100M-12 yang digunakan , dari gambar tersebut menunjukkan bahwa titik maksimum yang dihasilkan pada PV ada pada V_{mp} dan I_{mp} . Kurva diatas menunjukkan titik maksimum akan dipengaruhi oleh *Open Circuit Voltage* (Voc) dan *Short Circuit Current* (Isc). Daya (P) yang dihasilkan oleh PV dapat dihitung dengan

mengalikan tegangan (V) dan arus (I) atau dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (1)$$

Keterangagn

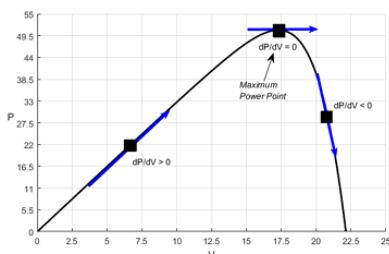
P = Daya (Watt)

V= Tegangan (Volt)

I= Arus (Ampere)

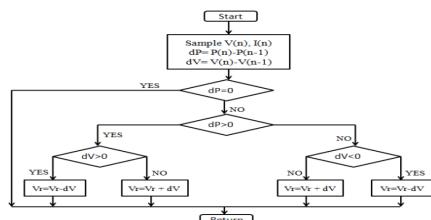
D. Algoritma P&O

Algoritma *Perturb and Observe* (P&O) merupakan algoritma yang banyak digunakan untuk menentukan titik MPP. Dalam metode ini, *Perturb* memberikan gangguan pada PV agar nilai dayanya bervariasi *Observe* melihat hasil keluaran daya *Perturb* yang akan menjadi acuan untuk menaikkan tegangan atau menurunkan agar bisa mencari titik maksimalnya. Algoritma P&O ini banyak digunakan dalam pengaplikasian pada sistem PV untuk mencari titik daya maksimumnya[10]. Hal ini dikarenakan algoritma ini dikenal karena kesederhanaannya, biaya implementasi yang rendah, dan kompatibilitas. Metode ini menyesuaikan tegangan dan daya, jika daya meningkat maka ada penyesuaian agar daya tidak meningkat lagi. Algoritma P&O disebut juga metode *hill climbing*[5], yang mengacu pada karakteristik V-P pada PV. Daya keluaran dari PV akan diukur dan dibandingkan dengan daya sebelumnya. Jika daya meningkat, proses pada metode ini akan akan dibiarkan meningkat dayanya. Jika tidak, maka gangguan akan dibalik[1]. Gangguan yang diberikan pada algoritma ini yaitu tegangan pada panel surya atau array.



GAMBAR 5
Kurva P-V[12]

Pada gambar 5 terdapat tiga posisi yaitu $dP/dV > 0$, $dP/dV = 0$, $dP/dV < 0$. Pada posisi $dP/dV > 0$ tegangan akan dinaikkan ke titik maximum yang mana algoritma ini berfungsi agar titik dP/dV berada di titik yang maximum, begitupun sebaliknya jika $dP/dV < 0$ maka tegangan akan diturunkan ke titik maximum. Flowchart algoritma P&O ditunjukkan pada gambar 6.



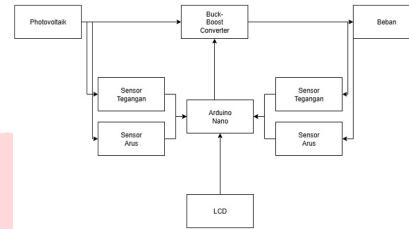
GAMBAR 6
Flowchart Algoritma P&O

III. Perancangan Sistem

A. Desain Sistem

Pada penelitian ini, sistem yang dirancang adalah MPPT dengan algoritma P&O. *Converter* yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu DC-DC *converter Buck Boost*, konverter ini akan digunakan untuk mengatur besaran tegangan yang masuk dari PV yang akan masuk ke penyimpanan energi. Perancangan ini terdiri dari diagram blok, diagram alir, cara kerja sistem, fungsi dan fitur, desain perangkat keras, spesifikasi komponen, dan desain perangkat lunak

B. Diagram Blok



GAMBAR 7 Diagram Blok

Pada gambar 7 merupakan perancangan sistem untuk penelitian kali ini, ada beberapa macam perangkat atau komponen yang digunakan seperti fotovoltaik, sensor arus dan tegangan, DC-DC *buck boost converter*, mikrokontroller, LCD, dan beban. *Input* dari sistem adalah arus dan tegangan fotovoltaik, kemudian akan masuk ke konverter yang akan digunakan. Sensor arus dan sensor tegangan berfungsi untuk melihat nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh fotovoltaik dan setelah masuk ke konverter. Algoritma *perturb and observe* akan disimpan pada mikrokontroller yang akan memberikan *duty cycle* ke konverter. Nilai yang dihasilkan oleh sensor yang digunakan akan ditampilkan pada LCD, selain itu juga pada LCD akan menampilkan daya yang dihasilkan oleh fotovoltaik.

C. Desain Perangkat keras

Pemilihan terhadap komponen yang akan digunakan untuk membuat konverter yang akan dibuat terdapat pada Tabel 1.

TABEL 1
Komponen Yang Dibutuhkan Untuk membuat *Buck Boost* Converter

Komponen	Spesifikasi
Kapasitor	631, 70 μ F
Induktor	70,55 uH
Resistor	3k Ω
Dioda	Dioda Rectifier 10A
Mosfet	D4184

D. Desain 3 Dimensi



GAMBAR 8
Desain 3 Dimensi

Pada gambar 8 merupakan desain yang akan digunakan untuk menyimpan seluruh komponen MPPT dengan Panjang

18 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 12 cm. Kotak yang akan dirancang tempat untuk menyimpan rangkaian DC-DC konverter, LCD, Arduino Nano, dan sensor pada sisi kiri dan kanan terdapat lobang untuk menghubungkan PV dan output ke beban

E. Desain Perangkat Lunak

1. Spesifikasi Subsistem:

- Subsistem Input :

Terdapat sensor tegangan dan arus yang nilainya akan dibaca oleh arduino nano.

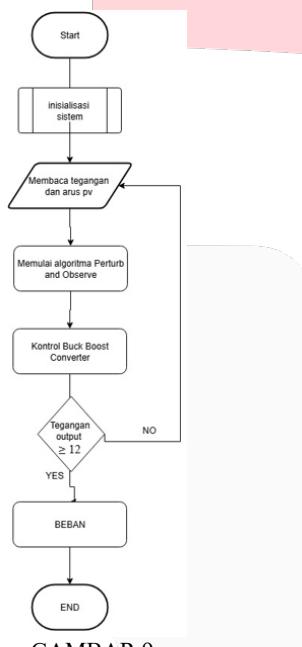
- Subsistem Proses:

Pada tahapan proses ini data yang diterima oleh Arduino nano akan diolah untuk mendapatkan nilai output yang diinginkan.

- Subsistem Output:

Semua data yang dihasilkan oleh arduino nano akan ditampilkan pada LCD, untuk daya yang dihasilkan PV akan disalurkan langsung ke beban.

2. Desain Alir Sistem

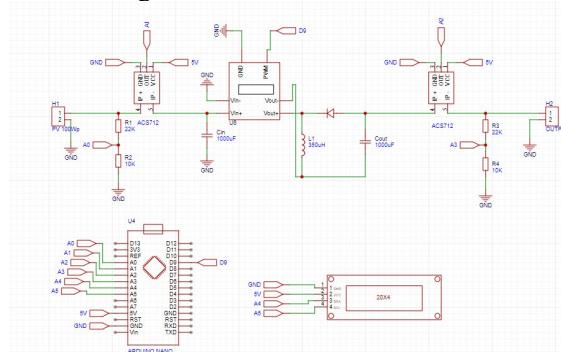


GAMBAR 9
Desain Alir Sistem

Diagram alir untuk sistem terdapat pada gambar 11, diawali dengan inisialisasi sensor dan mikrokontroler yang digunakan. Setelah sistem aktif, panel surya (PV) akan menghasilkan tegangan dan arus sesuai intensitas cahaya yang diterima, kemudian sensor akan membaca nilai-nilai tersebut untuk mengetahui besaran arus dan tegangan yang masuk ke sistem. Selanjutnya, algoritma Perturb and Observe (P&O) mulai bekerja dengan menggunakan parameter tegangan dan arus yang dibaca oleh sensor sebagai acuan. Algoritma ini akan menghasilkan sinyal berupa *duty cycle* yang kemudian dikirimkan ke konverter DC-DC buck-boost. Setelah *duty cycle* diterapkan, sensor arus dan tegangan akan kembali membaca nilai keluaran untuk melihat perubahan pada tegangan dan arus output yang akan disalurkan ke beban. *Duty cycle* yang diberikan akan memengaruhi tegangan output konverter agar berada pada titik daya maksimum. Apabila tegangan yang dihasilkan panel surya lebih besar atau sama dengan 12 volt, maka sistem akan menyalurkan daya ke beban. Jika tidak memenuhi nilai

setpoint yang digunakan, sistem akan kembali membaca nilai tegangan dan arus dari PV untuk dilakukan pengolahan ulang.

3. Skema Rangkaian



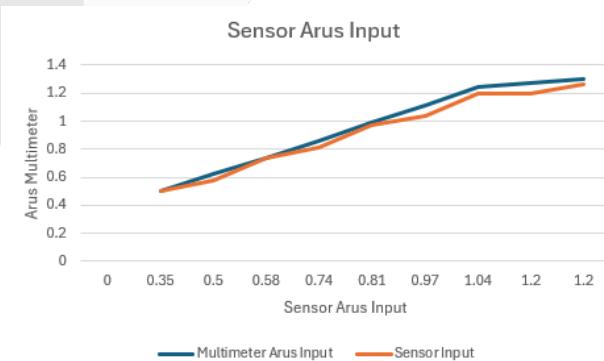
GAMBAR 10
Skema Rangkaian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan proses pengujian dari sistem MPPT pada PV menggunakan *buck-boost converter* dan algoritma *Perturb and observe*. Beberapa aspek utama yang akan diuji meliputi kalibrasi sensor arus, tegangan, pengujian *buck-boost converter* dan pengujian dengan dan tanpa penerapan MPPT *Perturb and observe*.

A. Pengujian Sensor Arus (ACS712-30A)

Pengujian sensor arus dilakukan untuk menguji seberapa akurat pembacaan sensor yang akan digunakan, ketepatan dalam pembacaan arus ini akan mempengaruhi algoritma yang akan digunakan. Pada pengujian ini PV diasumsikan dengan DC power supply 12V 3A yang tegangannya akan diubah – ubah dari 3V hingga 12V dengan menggunakan beban tetap resistor 8 ohm 100 Watt. Hasil dari pengujian ini mendapatkan pengukuran dari multimeter dan sensor ACS712. Berikut adalah hasil pengukuran untuk *input*. Pada pengujian sensor arus *input* dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai arus yang terbaca multimeter dan sensor. Nilai error yang dihasilkan sebesar 0,66 atau 66 % dengan rata-rata akurasi 33,44 %, nilai yang peroleh mengindikasikan bahwa pembacaan sensor masih memiliki deviasi yang besar terhadap nilai acuan multimeter.

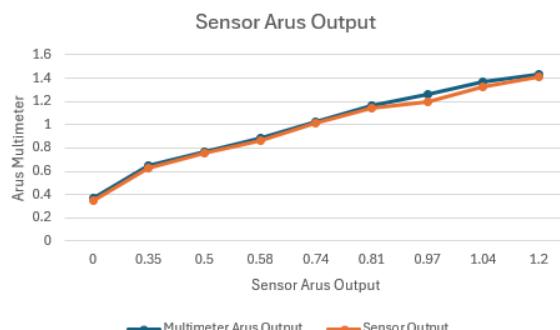


GAMBAR 11
Hasil Regresi Sensor Arus Input

Berdasarkan dari hasil gambar 13 menunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dari multimeter dan sensor arus setelah dilakukan kalibrasi. Dari grafik yang

dihasilkan tampak bahwa kurva hasil pembacaan sensor hampir mendekati hasil multimeter.

Selanjutnya pengujian seler arus *output*, Pada pengujian sensor arus *output* dilakukan pengujian dengan membandingkan nilai arus yang terbaca multimeter dan sensor. Nilai error yang dihasilkan sebesar 0,42 atau 42 % dengan rata-rata akurasi 57,50 % , nilai yang peroleh mengindikasikan bahwa pembacaan sensor masih memiliki deviasi yang besar terhadap nilai acuan multimeter

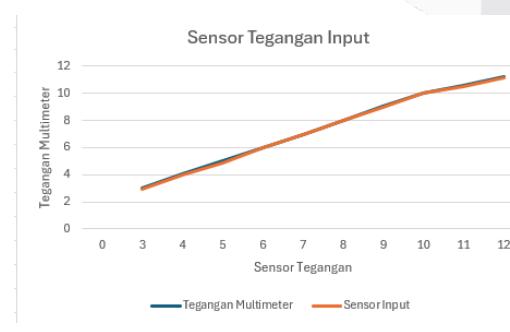


GAMBAR 12
Grafik Sensor Arus Output

Berdasarkan Gambar 14 menunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran dari multimeter dan sensor arus setelah dilakukan kalibrasi. Dari grafik yang dihasilkan tampak bahwa kurva hasil pembacaan sensor hampir mendekati hasil multimeter, yang berarti bahwa nilai error nya sudah kecil dan pembacaan nya sudah baik.

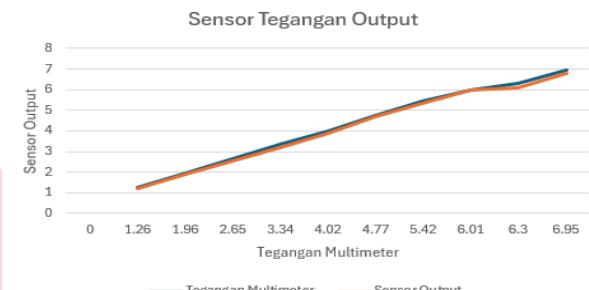
B. Pengujian Sensor Tegangan

Kalibrasi sensor tegangan bertujuan untuk memastikan bahwa sensor tegangan yang digunakan pada sistem MPPT dapat memberikan hasil pengukuran yang akurat berdasarkan alat ukur referensi yang digunakan. Proses kalibrasi sensor tegangan dilakukan dengan cara membandingkan data pembacaan sensor tegangan pada Arduino dengan nilai tegangan yang diukur oleh multimeter. Proses kalibrasi sensor tegangan dilakukan dengan menggunakan DC power supply 12V 3A yang diubah-ubah tegangannya, hal ini bertujuan untuk melihat perubahan yang terdeteksi oleh sensor tegangan. Pada pengujian sensor tegangan ini sudah dilakukan integrasi dengan sistem, jadi nilai tegangan output nya akan berbeda dengan tegangan inputnya. Tingkat keakuratan pembacaan sensor tegangan dapat diketahui dengan menganalisis tingkat kesalahannya (*error*) dalam bentuk persentase. Pengujian sensor tegangan dilakukan pada Tegangan *input* dan *output*.



GAMBAR 13
Grafik Sensor Tegangan *input*

Hasil pengujian sensor tegangan pada gambar 15 menunjukkan nilai yang diukur oleh sensor tegangan *input* memiliki grafik yang hampir sejajar dengan hasil pengukuran tegangan oleh multimeter . Grafik ini menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki hubungan linear dengan pembacaan multimeter.

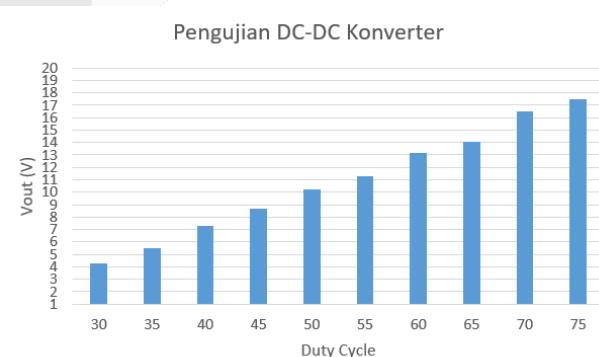


GAMBAR 14
Grafik Sensor Tegangan *Output*

Hasil pengujian sensor tegangan pada gambar 16 menunjukkan nilai yang diukur oleh sensor tegangan *output* memiliki grafik yang hampir sejajar dengan hasil pengukuran tegangan oleh multimeter . Grafik ini menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki hubungan linear dengan pembacaan multimeter.

C. Pengujian Buck Boost Converter

Tujuan dari pengujian converter ini untuk mengetahui apakah *buck boost converter* ini berjalan dengan baik atau tidak. Pada pengujian rangkaian *buck boost converter* ini untuk mengetahui pengaruh perubahan *duty cycle* terhadap tegangan keluaran (Vout). Pengujian ini dapat melihat karakteristik dari *converter* yang digunakan terhadap kendali sinyal PWM . pengujian *converter* ini menggunakan power supply 12V dan *duty cycle* nya diatur 30% hingga 75% menggunakan beban motor dc , setiap perubahan dari *duty cycle* converter ini bisa bekerja dalam dua mode yaitu *buck* dan *boost*. Saat *duty cycle* 30-50% tegangan *output* lebih rendah dari tegangan inputnya berarti *converter* bekerja dalam mode *buck*, setelah 55% - 75% tegangan *output*nya lebih besar dari tegangan *input* nya menandakan bahwa *converter* ini dalam mode *boost*.

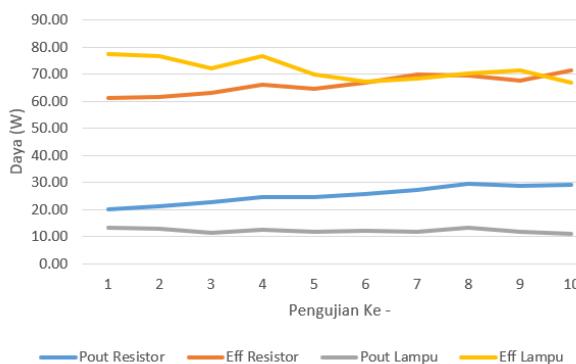


GAMBAR 15
Grafik Pengujian Konverter

Pada gambar 15 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya *duty cycle* tegangan keluarannya pun ikut meningkat, dengan demikian pengujian konverter *Buck Boost* menunjukkan kenaikan yang linear antara *duty cycle* dan keluaran tegangan pada konverter. Pada *duty cycle* maksimal sebesar 75% konverter bisa menghasilkan tegangan keluaran sebesar 29,96 V dari input 12 V.

D. Pengujian Sistem Dengan Beban Berbeda

Pengujian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui respon dari sistem MPPT terhadap kondisi beban yang berbeda. Pada pengujian ini digunakan dua jenis beban yang berbeda yaitu resistor 5.6 ohm dan dua buah lampu 12 V 20 W.



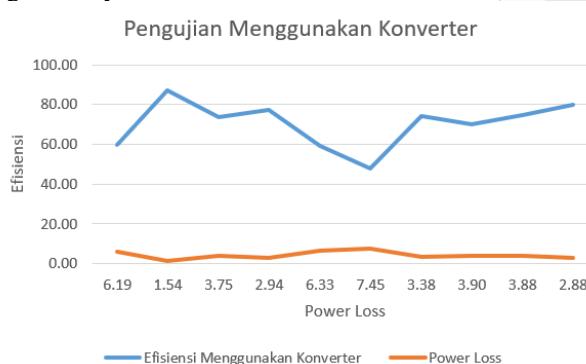
GAMBAR 16

Grafik Pengujian Dengan Beban Berbeda

Dengan beban resistor dan lampu, terlihat bahwa sistem MPPT mampu berfungsi dengan baik dikedua beban yang digunakan yang dapat dilihat pada gambar 18. Pada beban resistor, daya keluaran yang dihasilkan lebih besar namun efisiensinya lebih rendah yaitu sebesar 60 – 70 %. Pada beban lampu sistem menghasilkan daya yang lebih kecil namun efisiensinya lebih tinggi sekitar 70 – 80 %, hasil pengujian ditampilkan pada gambar 18. Dengan demikian, sistem ini sudah dapat berfungsi dengan baik.

E. Perbandingan Sistem Dengan Konverter dan Tanpa Koverter

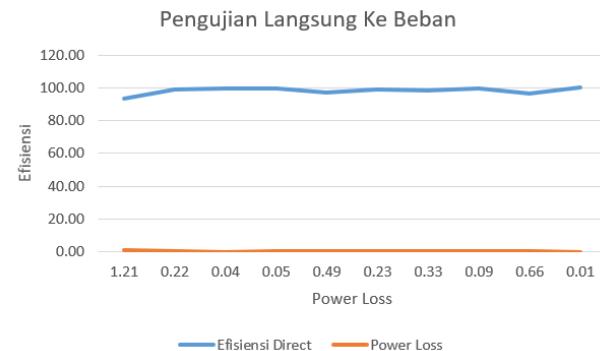
Untuk mengetahui pengaruh penggunaan konverter pada sistem MPPT, dilakukan pengujian perbandingan antara sistem dengan konverter dan sistem tanpa konverter, di mana sumber tegangan langsung dihubungkan ke beban. Pengujian dilakukan menggunakan DC *power supply* 12 V 3 A sebagai sumber *input* dengan konverter *buck boost* dan beban yang digunakan yaitu resistor 8 ohm 100 W.



GAMBAR 17

Grafik Pengujian Menggunakan Konverter

Pada gambar 17 merupakan pengujian menggunakan konverter *buck boost*, nilai efisiensi sistem berada pada rentang 45 – 85 % dengan adanya fluktuasi pada setiap pengujinya. Daya yang hilang pada pengujian karena penggunaan konverter yang dipakai. Hal ini menandakan bahwa meskipun konverter dapat menghasilkan daya keluaran yang cukup stabil, masih terdapat sebagian daya yang hilang akibat penggunaan konverter *buck boost*.



GAMBAR 18

Grafik Pengujian Langsung Pada Beban

Gambar 18 merupakan hasil pengujian tanpa menggunakan konverter, nilai efisiensi yang dihasilkan sangat tinggi yaitu sebesar 93,25 – 99,78 % dengan rata-rata sebesar 98,12 %. Rugi daya yang dihasilkan (*power loss*) sangat kecil dengan rata-rata sebesar 0,33 W, sehingga dengan pengujian langsung ke beban daya *input* dapat tersalurkan dengan baik.

Perbandingan antara penggunaan konverter *buck boost* dengan pengujian langsung ke beban dapat disimpulkan, bahwa penggunaan *buck boost* konverter pada sistem MPPT bisa menimbulkan rugi daya (*power loss*) akibat proses konversi yang bekerja pada rangkaian. Sementara itu, pengujian langsung ke beban menunjukkan performa sistem yang lebih efisien karena tidak ada proses konversi tambahan.

F. Pengujian Perubahan Step Pada Algoritma P&O

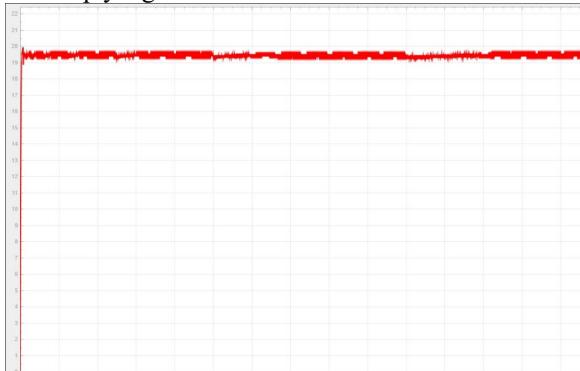
Pada algoritma *Perturb and observe*, terdapat parameter step yang penting untuk mencari *Maximum Power Point* (MPP) dimana step ini yang akan mempengaruhi kondisi tegangan dan daya keluarannya agar lebih stabil dan optimal. Jika nilai step terlalu besar, sistem akan cepat mencari titik MPP tetapi dapat menimbulkan osilasi. Jika nilai step nya terlalu kecil sistem akan lebih stabil namun membutuhkan waktu untuk mencapai MPP



GAMBAR 19

Grafik Tegangan Keluaran Dengan Step 0,05

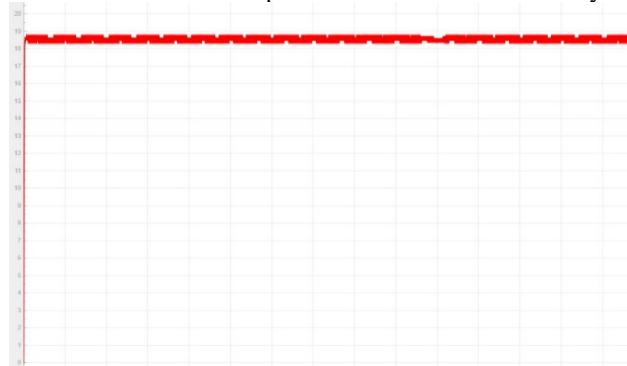
Hasil pengujian step sebesar 0,05 pada gambar 19 dimana sistem mampu mencapai titik kerja dengan cepat dan menghasilkan tegangan keluaran yang relatif stabil. Dengan demikian, hasil keluaran masih terdapat fluktuasi atau ripple di beberapa titik yang menandakan adanya osilasi akibat ukuran step yang besar.



GAMBAR 20

Grafik Tegangan Keluaran Dengan Step 0,03

Pengujian dengan step 0,03 pada Gambar 20 menunjukkan bahwa sistem mampu mencapai titik kerja dengan respon yang lebih halus. Tegangan keluaran yang dihasilkan juga masih stabil dengan fluktuasi yang lebih kecil, sehingga sistem yang menggunakan nilai step 0,03 lebih konsisten dalam mempertahankan titik maksimum daya.



GAMBAR 21

Grafik Tegangan Keluaran Dengan Step 0,005

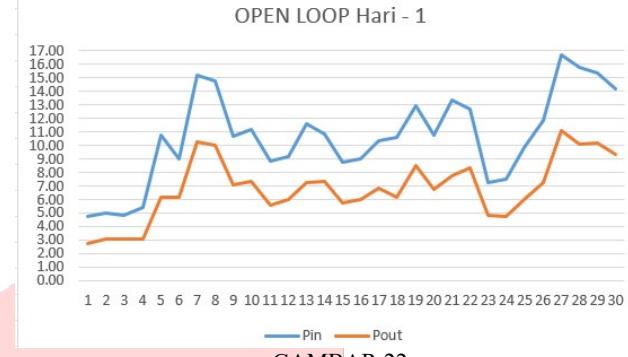
Pada pengujian dengan step 0,005 pada Gambar 21 menunjukkan bahwa sistem mencapai titik maksimum dengan cepat dan respons yang dihasilkan pada tegangan keluaran sangat halus dan riak tegangan yang kecil. Tegangan keluaran yang dihasilkan juga stabil di sekitar MPP dengan fluktuasi yang lebih kecil.

Berdasarkan hasil yang dilakukan step yang akan dipakai sebesar 0,005. Nilai step tersebut dapat menghasilkan kestabilan pada tegangan keluaran yang baik, riak tegangan yang sangat minimal, dan dapat menjadi sistem bekerja pada titik maksimum. Meskipun waktu pencapaian yang lebih lambat dibandingkan dengan nilai step yang besar, tetapi kestabilan dan pencarian titik maksimum yang menjadi hal penting pada sistem yang digunakan.

G. Pengujian Tanpa MPPT P&O

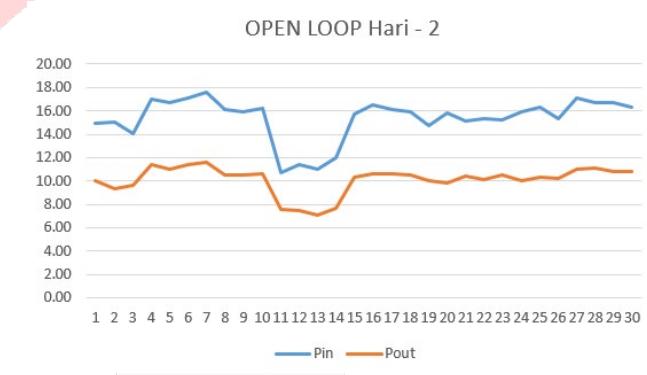
Pengujian ini diambil dari jam 08.00 sampai 16.00 WIB selama dua hari dengan *duty cycle* konstan sebesar 42.1%, dalam kondisi cuaca yang berubah ubah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performa dari sistem yang dibuat. Berdasarkan hasil pengujian tanpa MPPT P&O hari pertama dapat dilihat bahwa rata rata efisiensi keseluruhan

data sebesar 63,97% dan pada hari kedua rata rata effisiensinya sebesar 65,91%. Nilai ini menunjukkan bahwa kinerja dari konverter sudah baik namun belum optimal, hal ini dapat terjadi karena titik kerjanya belum berada di titik maksimum. Pada pengujian ini beban yang digunakan berupa lampu 12V 20 Watt sebanyak dua buah yang dipasang secara paralel, total daya beban yang dipakai adalah 40 Watt.



GAMBAR 22

Grafik Daya Input dan Daya Output Tanpa Menggunakan MPPT



GAMBAR 23

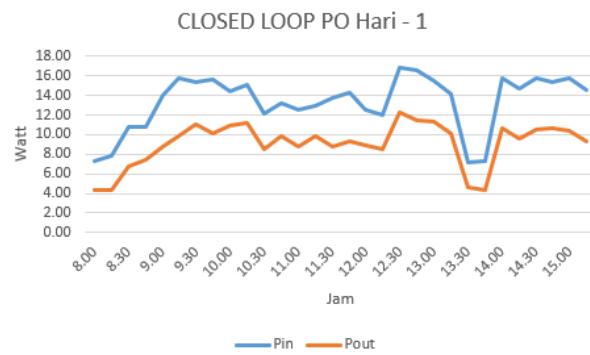
Grafik Daya Input Daya Out[ut Tanpa Menggunakan MPPT

Pada gambar 22 dan gambar 23 menunjukkan bahwa perbandingan antara daya input (Pin) dan daya keluaran (Pout) yang diterima oleh beban. Terlihat ada beberapa nilai yang fluktuatif selama proses pengambilan data, hal ini bisa disebabkan oleh perubahan dari intensitas cahaya dari matahari dan suhu dari panel surya. Meskipun daya input mengalami fluktuasi tetapi daya output cenderung lebih stabil namun berada di nilai yang lebih rendah. Perbedaan ini bisa mengindikasikan bahwa sistem tidak bekerja pada daya maksimum karena tidak menggunakan algoritma. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi dan memastikan sistem MPPT, diperlukan penerapan algoritma MPPT.

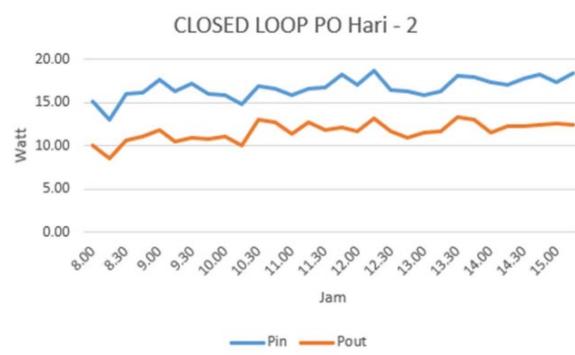
H. Pengujian Menggunakan Algoritma P&O

Pengujian menggunakan algoritma P&O dilakukan dari pukul 08.00 hingga 16.00 dalam kondisi cuaca yang bervariasi, beban yang digunakan sama dengan pengujian tanpa menggunakan algoritma berupa lampu 12V 20 Watt sebanyak dua buah yang dipasang secara paralel. Dari hasil data yang dilakukan rata-rata efisiensi menggunakan algoritma P&O sebesar 67,64 % dan hari kedua sebesar 69,60 %, dengan efisiensi tertinggi pada hari pertama sebesar 75,65 % dan pada hari kedua sebesar 77,39 %. Berdasarkan data pengujian yang dilakukan tegangan output (Vout) cenderung stabil di angka 12V, sedangkan tegangan input

(Vin) berubah ubah karena perubahan intensitas cahaya. Dengan adanya penerapan algoritma P&O menunjukkan bahwa kestabilan sistem dan kinerja dari konverter tetap berada pada titik maksimum (MPP), selain itu juga penggunaan algoritma P&O pada sistem bisa memberikan peningkatan efisiensi sistem.



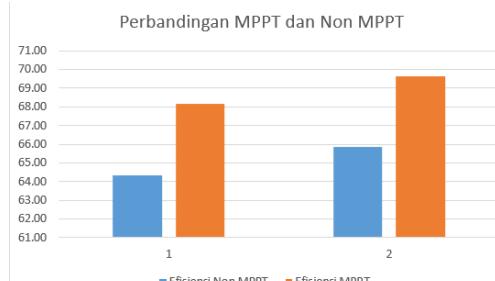
GAMBAR 24
Grafik Daya *Input* dan Daya *Output* Hari Pertama



GAMBAR 25
Grafik Daya *Input* dan Daya *Output* Hari Kedua

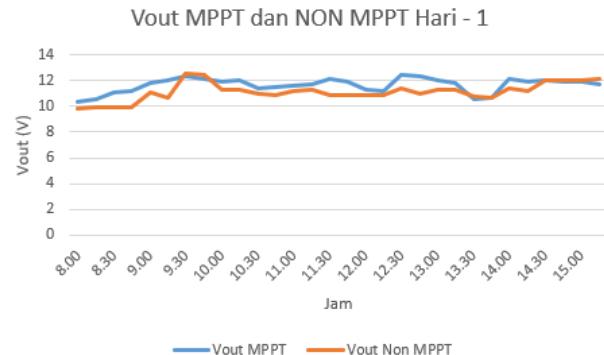
Pada hari pertama, daya input dan output mengalami fluktuasi besar akibat perubahan cuaca cepat pada gambar 24 dan gambar 25, namun sistem MPPT dengan algoritma P&O mampu mengembalikan daya output ke level semula. Pada hari kedua, grafik lebih stabil karena cuaca baik, sehingga daya output tidak mengalami penurunan ekstrem. Hal ini menunjukkan bahwa algoritma P&O dapat beradaptasi terhadap kondisi cuaca bervariasi dan menjaga kestabilan daya output. Secara keseluruhan, pemanfaatan algoritma P&O pada sistem MPPT meningkatkan efisiensi sebesar 3,78% dibandingkan tanpa algoritma

I. Perbandingan MPPT dan Non MPPT



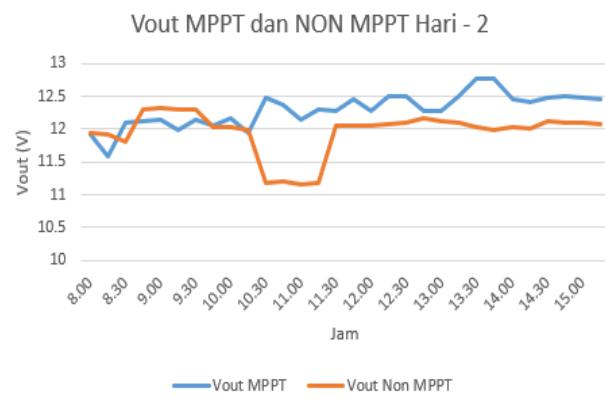
GAMBAR 26
Perbandingan Efisiensi MPPT dan Non MPPT

Berdasarkan Gambar 26 dapat disimpulkan bahwa penggunaan MPPT P&O bisa meningkatkan efisiensi dari sistem dibanding tanpa menggunakan MPPT. Pada hari pertama rata-rata efisiensi yang dihasilkan saat tidak menggunakan MPPT sebesar 64,35 %, sedangkan menggunakan MPPT P&O efisiensi yang dihasilkan sebesar 68,14 %. Dengan adanya perbedaan saat menggunakan algoritma selisih antara MPPT dan Non MPPT sebesar 3,79 %. Pada hari kedua, efisiensi tanpa MPPT sebesar 65,86%, sedangkan dengan MPPT mencapai 69,64%, terjadi peningkatan efisiensi sebesar 3,78%.



GAMBAR 27
Grafik Tegangan Keluaran MPPT dan Non MPPT Hari Pertama

Tegangan keluaran sistem MPPT lebih tinggi dan stabil dengan rata-rata 11,66 V, sedangkan tanpa MPPT hanya 11,13 V. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan MPPT mampu mengoptimalkan tegangan keluaran.



GAMBAR 28
Grafik Tegangan Keluaran MPPT dan Non MPPT Hari Kedua

Pengujian menunjukkan bahwa sistem dengan MPPT menghasilkan rata-rata tegangan 12,29 V, lebih tinggi dan stabil dibandingkan tanpa MPPT sebesar 11,96 V yang cenderung fluktuatif. Pada gambar 29 dan gambar 30 membuktikan bahwa algoritma MPPT P&O mampu menyesuaikan tegangan keluaran dan meningkatkan efisiensi sistem.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa duty cycle pada sistem memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap tegangan keluaran buck-boost konverter. Ketika duty cycle berada di bawah 50%, konverter bekerja dalam mode buck, sedangkan pada duty cycle di atas 50% konverter beroperasi dalam mode boost. Selain itu, pengujian juga menunjukkan bahwa pada

percobaan tanpa MPPT selama dua hari diperoleh rata-rata efisiensi sebesar 65,11%, sedangkan dengan penggunaan MPPT P&O nilai efisiensi meningkat menjadi 68,89%. Dengan adanya peningkatan sebesar 3,78%, dapat disimpulkan bahwa algoritma P&O pada sistem MPPT yang dirancang efektif dalam mengoptimalkan kinerja buck-boost konverter.

REFERENSI

[1] S. Salman, X. Ai, and Z. Wu, "Design of a P-&-O algorithm based MPPT charge controller for a stand-alone 200W PV system," *Protection and Control of Modern Power Systems*, vol. 3, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1186/s41601-018-0099-8.

[2] B. Nugroho, S. Handoko, and T. Andromeda, "Perancangan Maximum Power Point Tracking Panel Surya Menggunakan Buck Boost Converter Dengan Metode Incremental Conductance."

[3] R. Rizal. Isnanto, 2015 2nd International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE). Department of Computer Engineering, Diponegoro University, 2015.

[4] K. M. Pebriningtyas, A. Musyafa, and K. Indriawati, "Penelusuran Daya Maksimum Pada Panel Photovoltaic Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy di Kota Surabaya," *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 2, no. 1, pp. F-135–F-140, 2013.

[5] R. Tjatur Widodo and A. dan Purnomo Sejati, "Maximum Power Point Tracker Sel Surya Menggunakan Algoritma Perturb And Observe."

[6] M. Z. Mubarok, R. F. Iskandar, and T. A. Ajiwiguna, "Investigasi Model dan Simulasi MPPT PSO pada Sistem Fotovoltaik di Indonesia," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 11, no. 2, pp. 1431–1434, Apr. 2024.

[7] A. Laila Fitri, R. Fauzi Iskandar, and A. Qurthobi, "Desain Dan Karakterisasi Konverter Dc Ke Dc Berbasis Rangkaian Buck-Boost Pada Sistem Maximum Power Point Tracking (Mppt) Design And Characterization Of Dc To Dc Converter Based Buck-Boost In Maximum Power Point Tracking (Mppt) System."

[8] S. Hanif Istonirsya, D. Dewatama, and P. Negeri Malang, "Desain Buckboost Converter Dengan MPPT P&O Untuk Mendapatkan Daya Optimal Akibat Perubahan Arus Dan Tegangan."

[9] I. Winarno, L. Natasari, J. Teknik Elektro, U. Hang Tuah Surabaya Jalan Arief Rachman Hakim No, K. Sby, and J. Timur, "Maximum Power Point Tracker (Mppt) Berdasarkan Metode Perturb And Observe Dengan Sistem Tracking Panel Surya Single Axis."

[10] A. Chellakhi, S. El Beid, M. El Marghichi, E. M. Bouabdelli, A. Harrison, and H. Abouobaida, "Implementation of a low-cost current perturbation-based improved PO MPPT approach using Arduino board for photovoltaic systems," *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, vol. 10, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.prime.2024.100807.

[11] "Universitas Indonesia Rancang Bangun Buck Boost Konverter Skripsi Suryo Mochamad Hidayat 0806366390 Fakultas Teknik Program Studi Elektro Depok Juni2010."

[12] T. M. Asyadi, I. D. Sara, and Suriadi, "Metode Maximum Power Point Tracking (MPPT) dan Boost Converter Menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC) pada Modul Surya," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 17, no. 1, pp. 1–6, Mar. 2021, doi: 10.17529/jre.v17i1.17863.

[13] [F.H. Pasaribu dan N. A. H. Fatah, "Perancangan dan Realisasi MPPT dengan Algoritma Perturb and Observe (P&O) pada Sistem Energi Surya," *Jurnal Teknologi Energi*, vol. 14, no. 1, pp. 25–34, Apr. 2023, doi: 10.33322/jte.v14i1.2802.