

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Photovoltaic*

Panel fotovoltaik (PV) merupakan sebuah alat yang terdiri dari sel-sel fotovoltaik yang dibuat dari bahan semikonduktor yang memiliki kemampuan untuk mengonversi energi dari sinar matahari menjadi energi listrik. Bahan semikonduktor yang paling umum digunakan adalah silikon, dan setiap sel terdiri dari setidaknya dua lapisan semikonduktor. Satu lapisan berfungsi sebagai lapisan positif bermuatan, sedangkan lapisan lainnya sebagai lapisan negatif bermuatan. Cara kerjanya ketika sel-sel pada photovoltaic yaitu saat terpapar radiasi sinar matahari sehingga partikel cahaya diterima oleh elektron pada beberapa foton tersebut. Ketika foton menyerap energi yang cukup, elektron akan terangsang untuk bergerak dari pita valensi melalui pita pemisah (band gap) menuju pita konduksi. Hal ini menyebabkan perbedaan tegangan terlihat di terminal sel fotovoltaik, yang mengakibatkan pergerakan elektron dalam bentuk arus listrik [6].



Gambar 2.1 Panel Surya

2.2 Converter DC-DC

2.2.1 Cuk Converter

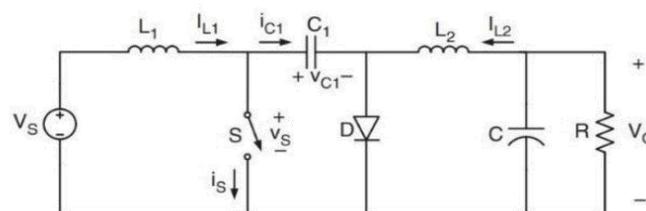
Cuk converter merupakan jenis konverter buck-boost dengan arus riak yang rendah. Jenis konverter ini kombinasi dari konverter boost dan konverter buck, yang mana konverter jenis ini memiliki satu perangkat switching dan dua

kapasitor untuk menggabungkan energi. Seperti konverter buck-boost dengan topologi pembalik, tegangan output dari konverter non-terisolasi sering kali berbeda secara polaritas, yang bisa lebih rendah atau lebih tinggi daripada tegangan input. Biasanya pada konverter DC, induktor digunakan sebagai komponen penyimpan energi utama. Pada konverter cuk komponen penyimpanan energi utama adalah kapasitor[7].

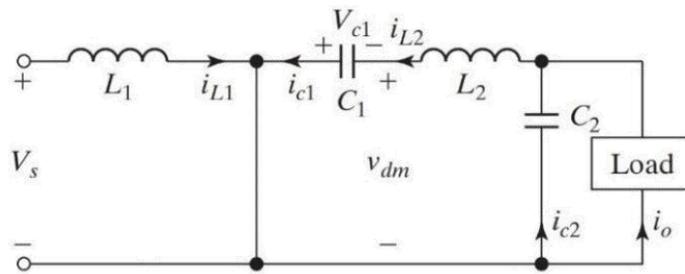
Cuk converter adalah jenis konverter DC ke DC yang dikembangkan oleh Cuk Clobodan di Institut Teknologi California. Cuk converter mampu menghasilkan tegangan output yang dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan input, mirip dengan prinsip kerja buck-boost converter [8]. Berbeda dengan buck-boost converter, Cuk converter menggunakan kapasitor sebagai elemen penyimpan energi dengan arus yang kontinu. Konverter Cuk juga dikenal memiliki kerugian switching yang rendah dan efisiensi yang lebih tinggi [9].

Cuk converter tidak peka terhadap perubahan kondisi dan menghasilkan variasi yang kecil pada bentuk gelombang. Output dari cuk converter bersifat inverting, di mana tegangan output memiliki polaritas yang berlawanan dengan input. Switching MOSFET pada cuk converter mengontrol nilai tegangan output, dan dioda juga ada dalam rangkaian untuk fungsi tertentu. Induktor (L_1) di sisi input berperan sebagai filter untuk tegangan DC, mengurangi tingkat harmonik yang tinggi. Kapasitor (C_1) bertugas menyimpan dan mentransfer energi dari input ke output.

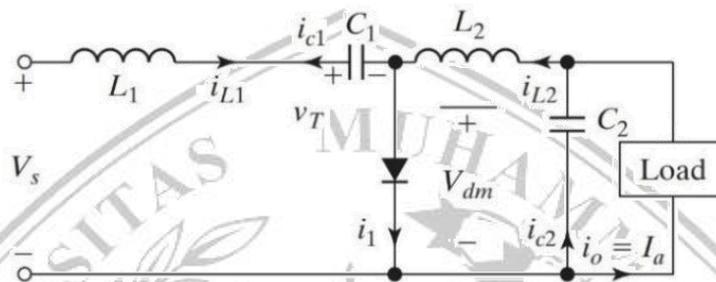
Ketika MOSFET dalam kondisi mati, arus mengalir melalui induktor i_{L1} dan i_{L2} menggunakan dioda. Kapasitor C_1 mengalami pengisian energi melalui dioda, memperoleh energi dari input dan L_1 . Diagram rangkaian cuk converter dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 2.2 Rangkaian topologi cuk converter



Gambar 2.3 Rangkaian cuk converter switch keadaan on



Gambar 2.4 Rangkaian cuk converter switch keadaan off

Berikut ini merupakan persamaan perhitungan untuk nilai komponen yang akan digunakan Konverter Cuk:

1. Menentukan Duty Cycle

$$D = \frac{V_o}{V_o + V_{in}} \quad (2.1)$$

2. Menentukan nilai resistor

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

3. Menentukan nilai Induktor

$$L1 = \frac{V_s^2 \times V_o}{\lambda \times P \times f_s \times (V_o + V_s)} \quad (2.3)$$

$$L2 = \frac{V_s \times V_o^2}{\lambda \times P \times f_s \times (V_o + V_s)} \quad (2.4)$$

4. Menentukan nilai Kapasitor

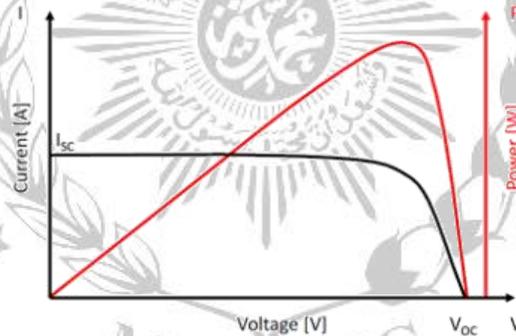
$$C1 = \frac{P}{\lambda \times f_s \times (V_o + V_s)^2} \quad (2.4)$$

$$C2 = \frac{P}{2 \times \pi \times f_s \times \lambda \times V_o^2} \quad (2.5)$$

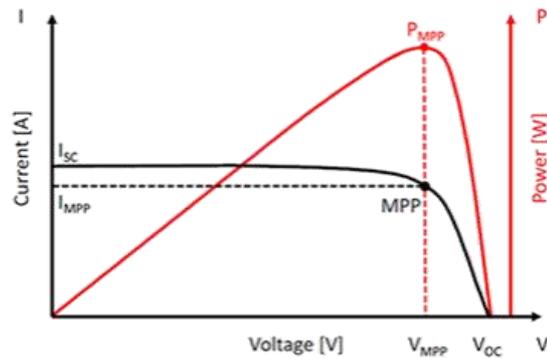
2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Karakteristik dari panel surya bersifat non-linear, yang menyebabkan keluarannya dipengaruhi oleh tingkat radiasi matahari dan suhu lingkungan sekitarnya [10]. Panel surya juga memiliki titik di mana daya yang dihasilkannya maksimal, yang tergantung pada kondisi-kondisi tertentu.

Titik daya maksimum (MPP) adalah lokasi pada kurva V-I di mana nilai arus dan tegangan mencapai titik tertinggi, yang menghasilkan output daya maksimum. Dengan melacak beberapa nilai input, titik ini dapat diidentifikasi. Maximum Power Point Tracking (MPPT) juga dapat meningkatkan efisiensi output dari panel surya.



Gambar 2.5 Kurva Karakteristik V-I dan P-I Pada Panel Surya



Gambar 2.6 Kurva Karakteristik V-I Dan P-I Pada MPP

Maximum Power Point Tracking (MPPT) adalah sebuah kontroler yang digunakan untuk menemukan titik di mana daya yang dihasilkan oleh panel surya mencapai maksimum. MPPT ini beroperasi dengan mengoptimalkan kurva karakteristik daya dan tegangan input (P-V) serta tegangan dan arus input (V-I). Kontroler MPPT umumnya menggunakan algoritma untuk mengatur lebar pulsa PWM (Pulse Width Modulation), yang mengontrol MOSFET dalam rangkaian konverter DC ke DC. Konverter DC ke DC ini bekerja untuk menyesuaikan tegangan output agar sesuai dengan kondisi yang dapat mencapai maksimalitas dan efisiensi dalam penghasilan daya.

Kontroler pelacakan titik daya maksimum (MPPT) berfungsi optimal untuk mencapai output dari panel surya dengan mengatur duty cycle dan dapat memodulasi lebar pulsa dari PWM. Kurva V-I dan P-V menggambarkan bagaimana sistem pada panel surya beroperasi saat menerima radiasi matahari.

2.3.1 MPPT menggunakan Algoritma *Perturb And Observe*

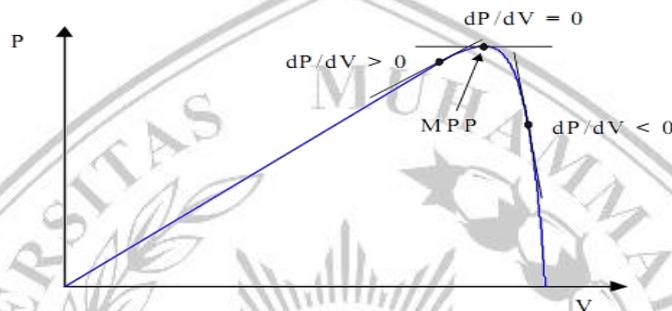
Algoritma Perturb and Observe adalah suatu algoritma yang bekerja dengan cara mencari titik di mana daya yang dihasilkan oleh panel surya mencapai maksimum pada kurva P-V. Langkah pertama algoritma ini, yang melibatkan perturbasi pada tegangan (dV), disebut sebagai langkah perturbasi, sementara langkah kedua, yang melibatkan pengamatan terhadap perubahan daya (dP), disebut sebagai langkah observasi. Pada algoritma ini, mencapai titik MPP

dianggap stabil ketika perubahan tersebut mendekati nol. Berikut adalah bagian dari sistem kerja algoritma Perturb and Observe (P&O).

$$\text{Jika } \frac{dP}{dV} > 0, \text{ maka sistem berada di sebelah kiri MPP} \quad (2.6)$$

$$\text{Jika } \frac{dP}{dV} < 0, \text{ maka sistem berada di sebelah kanan MPP} \quad (2.7)$$

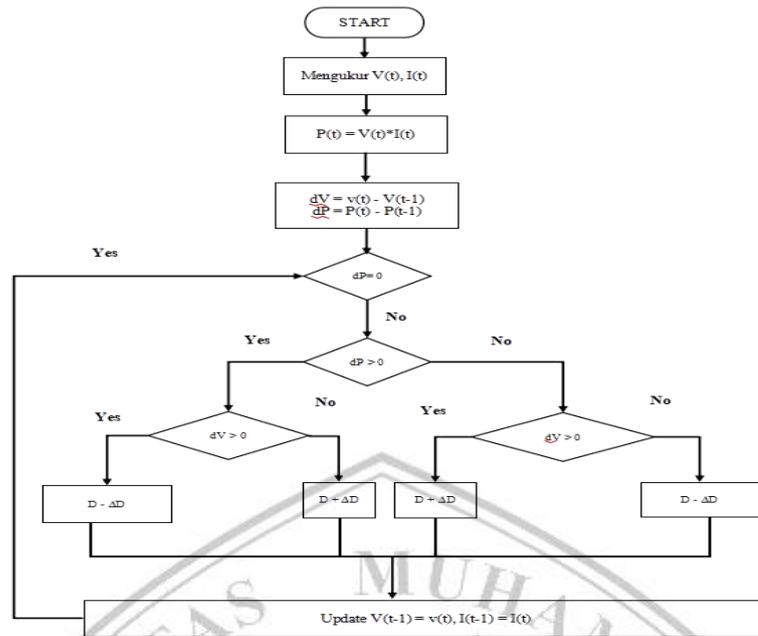
$$\text{Jika } \frac{dP}{dV} = 0, \text{ maka sistem telah mencapai MPP} \quad (2.8)$$



Gambar 2.7 Kurva P&O

Metode Peturb And Observe terdiri dari dua langkah, yaitu mengubah (perturb) nilai tegangan atau arus untuk mengamati (observe) perubahan daya yang terjadi sebagai respons terhadap perubahan tersebut. Jika terjadi peningkatan daya, langkah perturbasi akan tetap bergerak ke arah yang sama. Namun, jika terjadi penurunan daya, arah langkah perturbasi akan diubah[11].

Di sebelah kiri dari titik MPP, perubahan daya terhadap perubahan tegangan menunjukkan $dP/dV > 0$, sementara di sebelah kanan, $dP/dV < 0$. Ketika terjadi gangguan pada tegangan kerja sel surya (Perturb) dan $dP/dV > 0$, hal ini menunjukkan bahwa gangguan dilakukan untuk mengarahkan tegangan kerja sel surya menuju titik MPP. Sebaliknya, jika $dP/dV < 0$, ini menandakan bahwa perubahan titik kerja sel surya menjauhi titik MPP, dan dalam kasus ini, algoritma P&O akan mengubah arah gangguan[12].



Gambar 2.8 Flowchart Conventional Peturb And Observe

2.3.2 MPPT menggunakan Algoritma *Incremental Conductance*

Algoritma Incremental Conductance (INC) beroperasi dengan mencari titik MPP pada kurva P-V. Ketika mencapai MPP, algoritma ini membandingkan nilai conductance (I/V) dengan perubahan conductance (dI/dV). Oleh karena itu, titik operasi maksimum dari sel surya yang berbeda-beda dalam kondisi lingkungan disebut VMPP. MPPT mengatur nilai referensi tegangan (V_{ref}) untuk mencapai titik kerja sel surya pada VMPP. Algoritma Incremental Conductance digunakan untuk mengatasi masalah yang muncul dalam algoritma Perturb & Observe. Algoritma ini berdasarkan pada kurva gradien P-V, di mana pengontrolan dilakukan dengan mengatur tegangan naik atau turun pada MPPT.

Metode MPPT menggunakan incremental conductance (InC) untuk menemukan titik MPP pada setiap iterasi. Terdapat tiga kondisi penting yang terkait dengan MPPT InC ini. Ketika berada pada titik MPP, sistem berada "left of MPP" atau "right of MPP". Titik MPP adalah kondisi di mana dP/dV sama dengan nol (0). "Left of MPP" adalah kondisi di mana titik pelacakan berada di sebelah kiri dari titik MPP, yang dapat terjadi jika $dP/dV > 0$. Sementara itu, "right of MPP" adalah kondisi di mana titik pelacakan berada di sebelah kanan dari titik MPP, yang dapat terjadi jika $dP/dV < 0$. Algoritma ini mencari titik maksimum

dengan membandingkan perubahan conductance dari data sebelumnya dengan data saat ini.

Karakteristik P-V sel surya merupakan sebuah fungsi daya terhadap tegangan, ketika mencapai titik maksimum pada gradien-nya bernilai nol. Berikut ini merupakan persamaan yang berlaku pada algoritma Incremental Conductance (INC).

$$\text{Jika } \frac{dP}{dV} > 0, \text{ maka sistem berada disebelah kiri MPP} \quad (2.9)$$

$$\text{Jika } \frac{dP}{dV} < 0, \text{ maka sistem berada disebelah kanan MPP} \quad (2.10)$$

$$\text{Jika } \frac{dP}{dV} = 0, \text{ maka sistem telah mencapai MPP} \quad (2.11)$$

$$\text{Karena } \frac{dp}{dV} = \frac{d(IV)}{dV} = I + V \frac{dI}{dV} \quad (2.12)$$

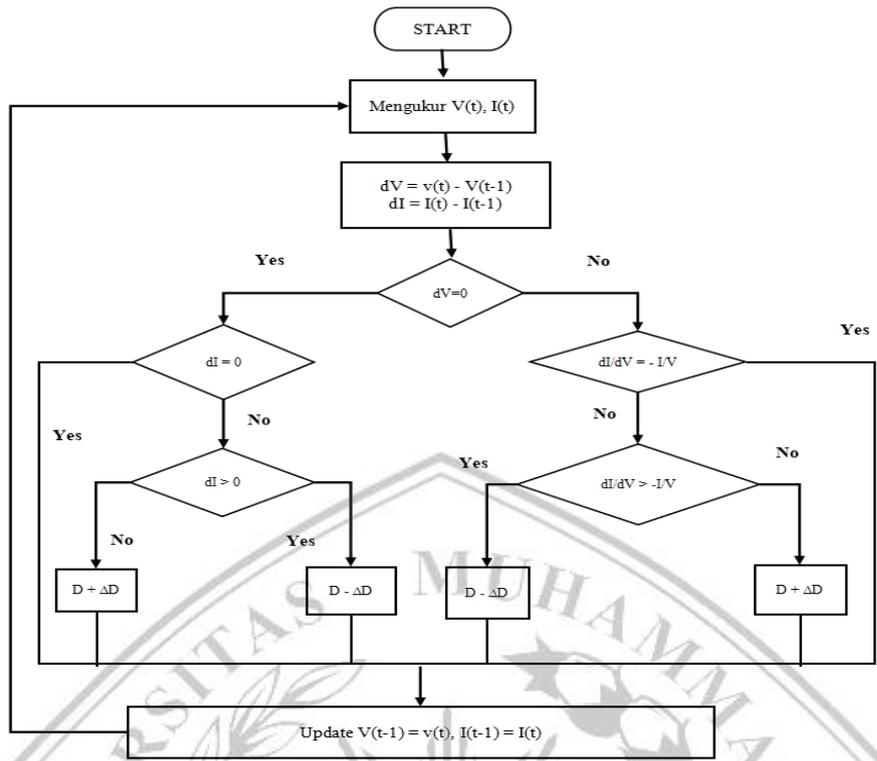
Sehingga,

$$\text{Jika } \frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V}, \text{ maka sistem berada di sebelah kiri MPP} \quad (2.13)$$

$$\text{Jika } \frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V}, \text{ maka sistem berada di sebelah kanan MPP} \quad (2.14)$$

$$\text{Jika } \frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V}, \text{ maka sistem telah mencapai MPP} \quad (2.15)$$

Perubahan Vref yang diberikan oleh IC tetap konsisten dari iterasi ke iterasi. Besarnya perubahan Vref ini dipertimbangkan berdasarkan waktu di mana pencarian nilai maksimum terjadi serta adanya osilasi di sekitar nilai maksimum. Hubungan antara kedua parameter ini bersifat berlawanan. Meskipun perubahan Vref yang besar dapat mempercepat pencapaian nilai maksimum, hal ini juga bisa membuat sulit mencapai VMPP dan dapat menyebabkan osilasi di sekitar MPP [13].



Gambar 2.9 Flowchart Conventional Incremental Conductance