

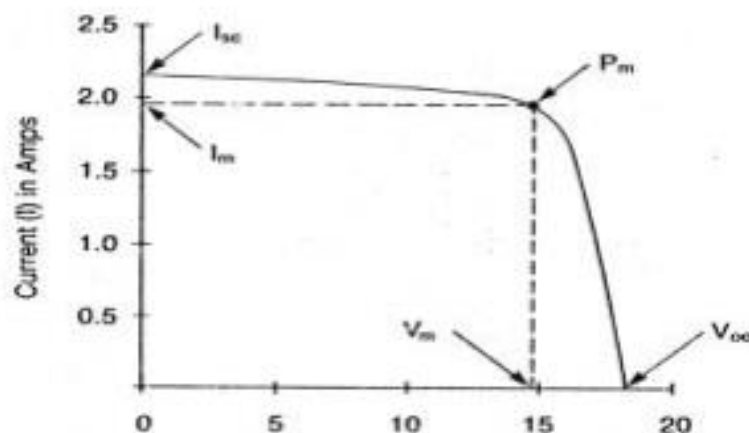
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem PLTS

Sistem PLTS secara umum dibagi menjadi 2 yakni, PLTS *off-grid* dan PLTS *on-grid*, PLTS *off-grid* merupakan sistem PLTS yang sumber pembangkitannya hanya dari panel surya dan tidak terhubung dengan jaringan, sedangkan PLTS *on-grid* merupakan sistem PLTS yang terhubung dengan jaringan [12]. Sistem PLTS sendiri merupakan kesatuan sistem yang terdiri dari berbagai komponen untuk membangkitkan energi listrik, menggunakan solar panel sesuai dengan perancangan kebutuhan. Dimana cahaya matahari yang mengandung foton diserap oleh panel surya yang tersusun dari rangkaian sel surya dan mengubahnya menjadi energi listrik menggunakan prinsip *photovoltaic*. Sel surya akan menghasilkan energi listrik bergantung dengan banyaknya radiasi matahari dan secara konstan bernilai  $\pm 0.5$  volt – 600 mV dengan arus 2 A, pada iridiasi sebesar  $1000 \text{ W/m}^2$  [13].

Kondisi sel surya saat beroperasi secara normal digambarkan pada grafik *I-V curve*, dimana  $V_{oc}$  merupakan tegangan maksimum yang dapat dicapai saat tidak adanya arus atau pada kondisi *open-circuit*, sedangkan  $I_{sc}$  adalah kapasitas arus maksimum saat tidak adanya tegangan atau pada saat terjadinya *short-circuit*.  $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$  merupakan tegangan dan arus maksimum saat sel surya berada pada titik optimum. Sehingga untuk mendapatkan nilai tersebut dibutuhkan sebuah metode pelacakan yang disebut dengan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT).



Gambar 2.1 I-V Curve Panel Surya [7]

Keterangan :

$V_{mp}$  : *Voltage maximum power* (V)

$I_{mp}$  : *Current maximum power* (A)

$P_{mp}$  : *Power maximum output* (Watt)

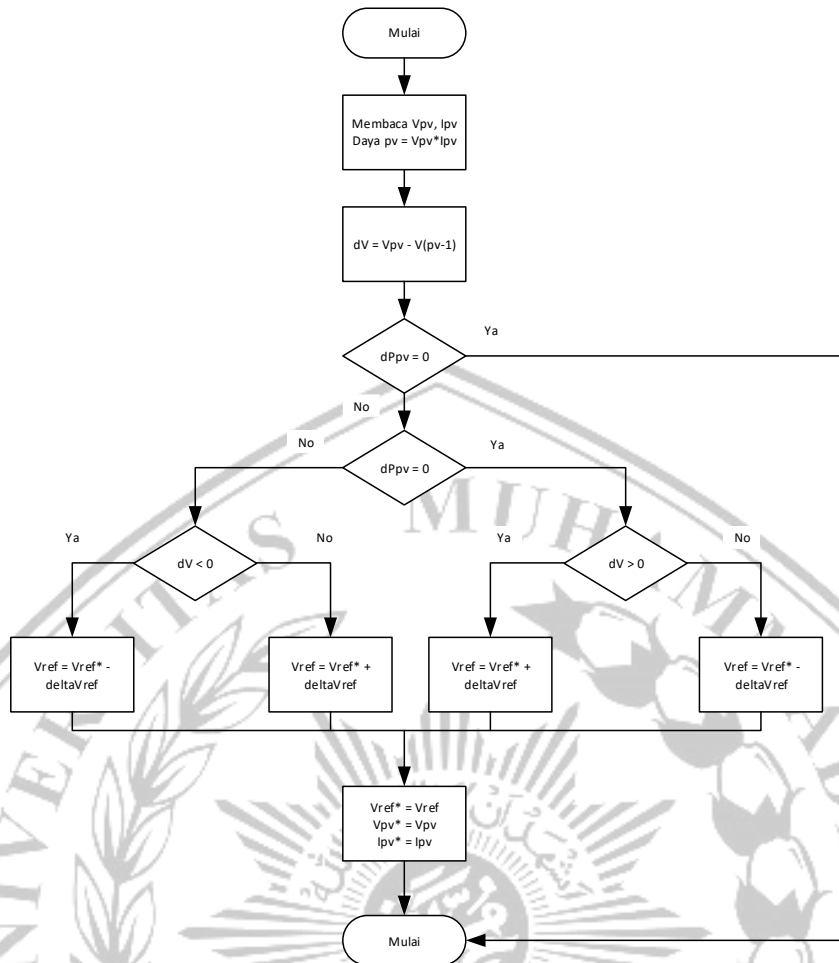
$V_{oc}$  : *Open-circuit voltage* (V)

$I_{sc}$  : *Short-circuit current* (A)

Panel surya dapat dirangkai secara seri maupun paralel, agar didapatkan nilai yang sesuai dengan kebutuhan. Panel surya yang dirangkai secara seri akan menghasilkan nilai tegangan sesuai dengan hasil penjumlahan tegangan seluruh solar panel dengan arus tetap, dan begitupula sebaliknya pada rangkaian paralel akan mendapatkan tegangan yang tetap dan arus sejumlah dengan panel surya yang digunakan [7].

### **2.1.1 Maximum Power Point Tracking (MPPT)**

MPPT merupakan teknik pelacakan titik daya maksimum atau *maximum power point* (MPP) dari panel surya. Dimana sistem MPPT akan melakukan sampling data tegangan dan arus untuk mendapatkan nilai keluaran daya paling maksimum pada kondisi lingkungan. Adapun metode yang dapat digunakan salah satunya adalah *perturb and observe* (P&O), metode ini akan mengatur sistem dengan mengendalikan *duty ratio* dari konverter dc/dc. Dengan melakukan pengukuran terhadap tegangan dan daya dari panel surya, dan secara sederhana akan mengamati apabila daya meningkat dan tegangan meningkat maka *duty ratio* akan berubah dengan arah yang sama namun jika tidak maka *duty ratio* akan diubah ke arah sebaliknya [14]. Berikut merupakan flowchart dari algoritma P&O pada panel surya.



**Gambar 2.2** Flowchart Algoritma P&O

## 2.2 Manajemen Baterai

Manajemen baterai adalah suatu sistem yang berfungsi untuk mengatur kinerja baterai agar sesuai dengan perancangan kondisi. Baterai merupakan peralatan yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik, kapasitas dari sebuah baterai (C) dinyatakan dalam *Ampere Hour* (Ah), dimana tegangan nominal atau tegangan kerja biasanya telah ditentukan oleh pabrikan.

Kondisi perbandingan antara energi tersisa dengan kapasitas energi maksimum baterai disebut dengan *state of charge* (SOC), nilai SOC dari baterai dapat dinyatakan dalam bentuk persen 0-100%, dimana 0 berarti baterai dalam kondisi kosong dan 100 berarti dalam kondisi penuh. Sedangkan nilai yang menggambarkan jumlah kapasitas baterai yang sudah digunakan disebut dengan *depth of discharge* (DOD), nilai DOD akan mempengaruhi jumlah siklus (*cycles*) dari baterai, semakin kecil nilai DOD yang digunakan maka nilai siklus akan

semakin besar [15]. Untuk mendapatkan nilai SOC dapat menggunakan metode *coulomb counting* dengan persamaan sebagai berikut :

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{1}{C_n} \int_{t_0}^t I dt \quad (2.8)$$

Dimana :

SOC ( $t_0$ ) : SOC awal sebelum terjadinya proses *charge/discharge* baterai

C<sub>n</sub> : Kapasitas maksimum baterai

I : Arus *charge/discharge* baterai

### 2.2.1 State of Charge (SOC)

*State of charge* adalah perbandingan energi yang tersisa dengan kapasitas energi maksimum pada baterai. Nilai SOC memiliki rentang nilai 0-1, dengan 0 menyatakan baterai dalam keadaan kosong, sedangkan 1 merupakan kondisi baterai dengan keadaan penuh. Nilai *State of charge* juga bisa dinyatakan dalam bentuk persentase, 0%-100%. Estimasi *State of charge* adalah salah satu hal yang penting dalam penerapan baterai. Estimasi nilai *state of charge* yang akurat sangat diperlukan untuk menghindari dari kerusakan sistem, mencegah baterai dari keadaan *over charge* dan *over discharge* yang dapat menyebabkan kerusakan permanen pada baterai.

### 2.3 DC to DC Converter

*DC to DC Converter* merupakan sebuah alat untuk mengonversi tegangan DC masukan menjadi keluaran DC yang lebih tinggi atau rendah sesuai dengan kebutuhan. Dalam penelitian ini digunakan 2 jenis DC to DC converter, yakni *unidirectional converter* menggunakan *boost converter* dan *bidirectional converter* menggunakan *buck-boost converter*.

#### 2.3.1 Boost Converter

*Boost converter* adalah konverter yang dapat memberikan keluaran tegangan DC yang lebih tinggi dari tegangan masukannya dengan menggunakan sinyal kontrol berupa *Pulse Width Modulation (PWM)*.

Dalam perancangan *boost converter* terdapat parameter yang harus ditentukan, diantaranya daya output ( $P_o$ ), tegangan input ( $V_{in}$ ), tegangan output ( $V_o$ ), frekuensi *switching* ( $f$ ) riak tegangan induktor ( $\Delta V_c$ ) dan riak arus induktor ( $\Delta I_L$ ) [16]. Untuk mendapatkan nilai arus keluaran dapat menggunakan persamaan

sebagai berikut :

$$I_o = \frac{P_o}{V_o} \quad (2.9)$$

Nilai induktor dan kapasitor yang digunakan pada rangkaian *boost converter* agar bekerja secara kontinu digunakan persamaan sebagai berikut :

$$L = \frac{V_{in} (V_o - V_{in})}{\Delta I_L f V_o} \quad (2.10)$$

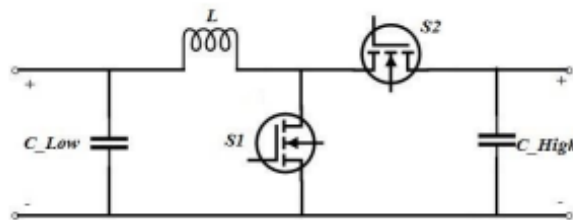
$$C = \frac{I_o (V_o - V_{in})}{f_{sw} V_o \Delta V_C} \quad (2.11)$$

Dimana :

- L : Nilai induktor konverter (*H*)
- C : Nilai kapasitor konverter (*F*)
- V<sub>in</sub> : Tegangan input konverter (*V*)
- V<sub>o</sub> : Tegangan output konverter (*V*)
- I<sub>o</sub> : Arus output kapasitor (*A*)
- P<sub>o</sub> : Daya output kapasitor (*Watt*)
- f<sub>sw</sub> : Frekuensi *switching* (*Hz*)
- ΔI<sub>L</sub> : Riak arus induktor (*A*)
- ΔV<sub>c</sub> : Riak arus kapasitor (*V*)

### 2.3.2 Buck-Boost Converter

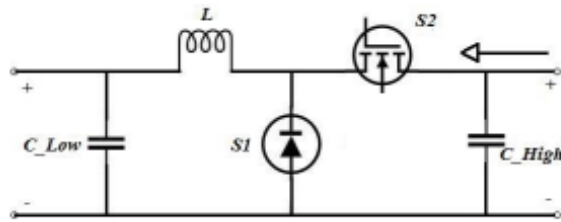
*Buck-boost converter* merupakan konverter yang dapat memberikan nilai tegangan output yang lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan input sesuai dengan *switching* frekuensinya [17].



**Gambar 2.3** Rangkaian *Buck-Boost Converter* [14]

Dalam mendesain *buck-boost converter*, dilakukan dua jenis pendekatan yaitu *mode buck* dan *mode boost*.

- 1) *Mode buck* : pada mode ini *bidirectional converter* akan bekerja sebagaimana *buck converter* pada umumnya yakni menurunkan tegangan masukan.



**Gambar 2.4 Buck Mode [14]**

Adapun hubungan antara tegangan output ( $V_o$ ) dan tegangan input ( $V_{in}$ ) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

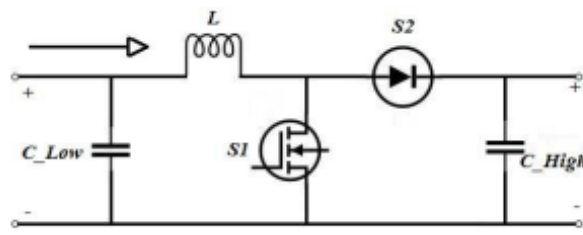
$$V_o = V_{in} \times D \quad (2.12)$$

Nilai induktor minimal dan nilai kapasitor rendah didapatkan digunakan persamaan berikut :

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f_{sw}} \quad (2.13)$$

$$C_{low} = \frac{\Delta Q}{\Delta V_o} = \frac{\Delta I_L T}{\Delta V_o} = \frac{\Delta I_L}{8f_{sw}\Delta V_o} \quad (2.14)$$

2) Mode boost : pada mode *bidirectional converter* akan bekerja untuk menaikkan tegangan.



**Gambar 2.5 Boost Mode [14]**

Hubungan antara tegangan output ( $V_o$ ) dan tegangan input ( $V_{in}$ ) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$V_o = \frac{V_{in}}{1-D} \quad (2.15)$$

Dan untuk mendapatkan nilai induktor minimal dan nilai kapasitor tinggi digunakan persamaan sebagai berikut :

$$L_{min} = \frac{RD(1-D)^2}{2f_s} \quad (2.16)$$

$$C_{high} = \frac{V_o D}{R\Delta V_o f_{sw}} \quad (2.17)$$

Dimana :

$V_o$  = Tegangan output converter (V)

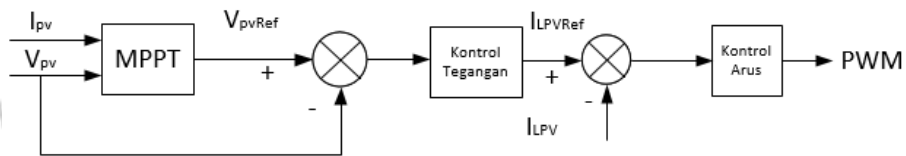
$V_{in}$  = Tegangan input converter (V)

- $\Delta V_o$  = Riak tegangan output (V)
- $\Delta I_L$  = Riak arus induktor (A)
- $D$  = *Duty cycle* (%)
- $f_{sw}$  = Frekuensi *switching* (Hz)
- $L_{min}$  = Nilai induktor minimum (H)
- $C_{low}$  = Nilai kapasitor rendah (F)
- $C_{high}$  = Nilai kapasitor tinggi (F)

Agar *buck-boost converter* dapat bekerja secara kontinu maka digunakan nilai induktor yang lebih besar dari nilai induktor minimum.

## 2.4 Kontrol Konverter DC/DC

Terdapat 2 kontrol yang digunakan yakni kontrol *boost converter* sebagai kontrol PV dan kontrol *buck-boost converter* sebagai kontrol manajemen baterai. Jenis kontrol yang digunakan yakni PI kontrol bertingkat [18], dimana terdapat kontrol tegangan dan kontrol arus yang akan memberikan nilai *duty ration* sebagai input PWM seperti pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2.6** Kontrol PV