

## BAB II

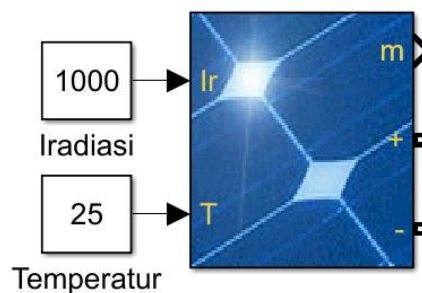
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Energi listrik dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya menggunakan energi foton dari matahari. Melalui panel surya yang terdiri dari sel fotovoltaik, konversi ini terjadi. Lithium (Si) dan bahan semi-konduktor lainnya dilapisi dalam lapisan tipis di antara sel-sel ini. Oleh karena itu, pembangkit listrik tenaga surya dapat menghasilkan listrik bahkan dalam cuaca mendung selama ada cahaya. Pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTS) memiliki kapasitas untuk menyediakan listrik untuk berbagai tingkat permintaan, baik secara mandiri maupun bersama dengan sumber energi lainnya.

##### 2.1.1 Sel Surya (Photovoltaic)

Sistem panas matahari memungkinkan sel surya untuk dioptimalkan tidak hanya sebagai sumber cadangan listrik tetapi juga sebagai sumber energi panas. Sel surya juga dikenal sebagai alat utama untuk memanfaatkan potensi radiasi matahari yang sangat besar di bumi.



Gambar 2.1 Photovoltaic

### 2.1.2 Solar Charger Controller (SCC)

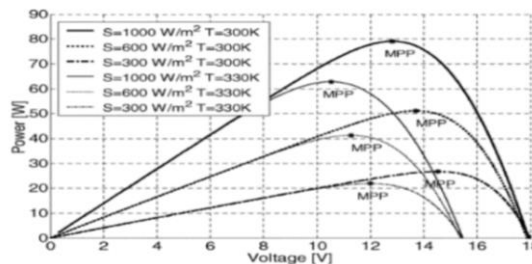
SCC merupakan suatu Kontrol Panel yang didalamnya terdapat pusat pengkabelan (wiring) sistem, SCC memiliki perangkat keras untuk manajemen daya seperti indikator, perlindungan sistem, dan kadang-kadang perekaman sistem. SCC, yang masih perlu melakukan fungsi yang sama dalam sistem, dapat dibentuk seperti kotak untuk plts skala kecil.

### 2.2 Sistem jaringan Off grid

Sistem PLTS off-grid merupakan sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN. Sistem ini disebut juga System Stand Alone karena sistem ini hanya mengandalkan energi matahari sebagai satu-satunya sumber energi utama dengan menggunakan rangkaian panel surya untuk menghasilkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan.

### 2.3 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

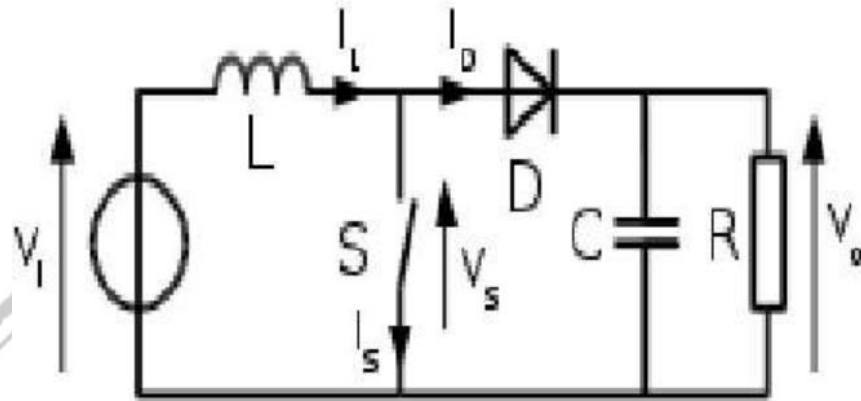
Maximum Power Point Tracking (MPPT) merupakan suatu metode yang digunakan untuk mencari Lokasi titik daya maksimum (MPP) yang tidak diketahui, dan menjaga tegangan pv pada titik MPP tersebut . Aplikasi MPPT dalam konverter DC-DC memaksa PV untuk menghasilkan daya maksimum dalam kapasitasnya. Hal ini memaksimalkan daya yang diterima oleh beban dan meningkatkan kinerja sistem setelah titik daya maksimum diidentifikasi. Teknik sederhana untuk bekerja dengan sistem MPPT adalah memvariasikan tegangan sampai titik daya maksimum panel tercapai. Tujuan dari operasi dinamis sistem MPPT dalam menentukan titik daya tertinggi, seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2, adalah untuk mengambil keuntungan dari variasi konstan dalam penyinaran matahari.



**Gambar 2.2** Karakteristik PV dengan Iradiasi dan Suhu yang Berbeda

## 2.4 DC-DC Boost Converter

DC-DC Boost Converter bekerja disaat tegangan masukan lebih rendah ketika tegangan diinginkan sehingga boost converter dapat menaikkan tegangan ke level yang di inginkan dan beban (Load) dapat menerima suplai daya sebagai mana mestinya.



**Gambar 2.3** Rangkaian DC-DC Boost Converter

Induktor akan menyimpan sejumlah energi dengan menciptakan medan magnet ketika sakelar ditutup, menyebabkan arus mengalir melaluinya searah jarum jam. Sisi kiri induktor memiliki polaritas positif. Saat sakelar dibuka, impedansi meningkat dan arus menurun. Untuk menjaga agar arus tetap mengalir ke beban, medan magnet yang terbentuk sebelumnya akan dihancurkan. Polaritasnya akan dibalik, sehingga sisi kiri induktor menjadi negatif. Karena itu, kedua sumber akan menjadi seri, yang meningkatkan tegangan yang mengisi daya kapasitor melalui dioda D.

$$D = 1 - \frac{v_{in}}{v_{out}} \quad (2.2)$$

Mencari Nilai R dengan persamaan (2.3).

$$R = \frac{V_o}{I} \quad (2.3)$$

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2F} \quad (2.4)$$

Untuk riak tegangan 1%, di mana  $\Delta V_o$  adalah riak tegangan output yang diinginkan (2.5).

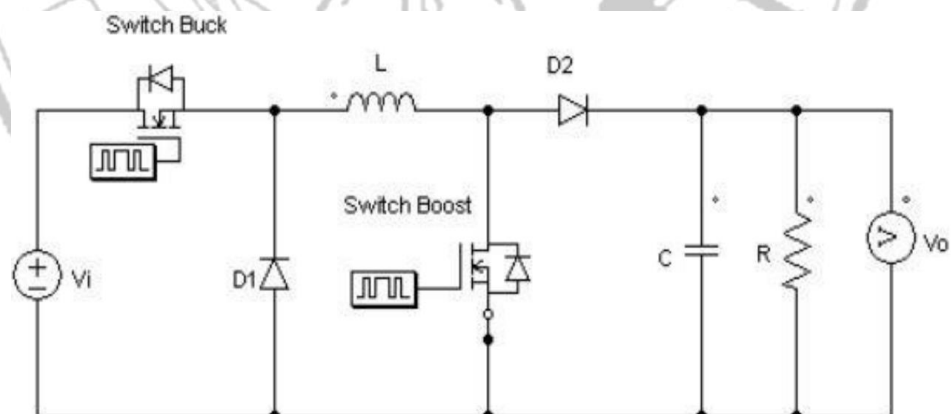
$$\Delta V_o = 1\% \times V_{in} \quad (2.5)$$

Ketika memilih kapasitor, nilai kapasitor ditentukan oleh riak atau variasi tegangan output, seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (2.6).

$$C = \frac{V_{out} \times D}{R \times \Delta V_{out} \times f} \quad (2.6)$$

## 2.5 Bidirectional

Bidirectional merupakan perpaduan antara Buck converter dan juga Boost converter. Penggunaan Converter ini digunakan untuk menurunkan dan menaikkan tegangan sesuai dengan level tegangan yang dibutuhkan. Pada buck converter tegangan masukan lebih tinggi beberapa volt dari tegangan keluarannya sedangkan pada Boost converter bekerja disaat tegangan yang sudah diturunkan atau dengan kata lain tegangan masukan lebih rendah dari pada tegangan yang diharapkan sehingga boost dapat menaikkan tegangan ke level yang diinginkan dan beban pada jaringan keluaran tetap mendapatkan suplai daya semestinya.



**Gambar 2.4** Rangkaian DC-DC Buck Boost Converter

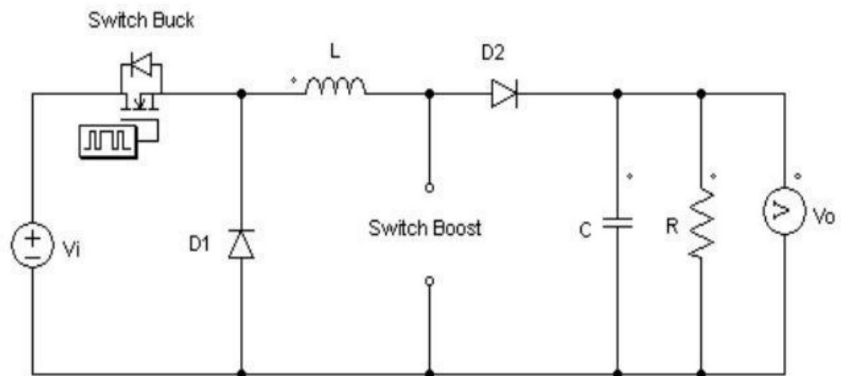
Terdapat 3 pengontrolan pada Buck Boost Converter, Yaitu :

- Mode Boost = Mode ini terjadi saat nilai tegangan tidak mencapai ketentuan yang sudah ditetapkan atau dibawah set point.

- Mode Buck = Mode ini terjadi saat nilai tegangan melebihi ketentuan yang sudah ditetapkan atau diatas setpoint.
- Mode Buck Boost = Mode ini terjadi saat nilai tegangan masukan konsisten atau satabil dan hampir menyamai tegangan yang ditentukan.

### 2.5.1 Mode Buck Converter

Pada mode buck, S<sub>buck</sub> akan mendapat sinyal switching dari PWM 1 buck, sedangkan S<sub>boost</sub> mendapat sinyal switching PWM 2 dengan nilai duty-cycle (D) = 0, sehingga switch akan open seperti:



**Gambar 2.5** Rangkaian DC-DC Buck Boost Converter Mode Buck

Dari gambar 2.5 dapat dilihat saklar buck tertutup sehingga menyebabkan perubahan bias Dioda 1 dan bias pada dioda 2 mengakibatkan aliran daya akan mengisi induktor serta beban tersuplai. Persamaan pada mode buck dapat dilihat dibawah ini :

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{D}{1-D} \quad (2.7)$$

Mencari Nilai R yang diinginkan dengan persamaan (2.8)

$$R = \frac{V_{out}}{I_{out}} \quad (2.8)$$

Persamaan ini untuk menetapkan nilai induktor (2.9).

$$L = \frac{(1-D)^2}{2f} \times R \quad (2.9)$$

Dimana  $\Delta V_o$  adalah riak tegangan keluaran yang diinginkan, untuk riak tegangan sebesar 1% (2.10).

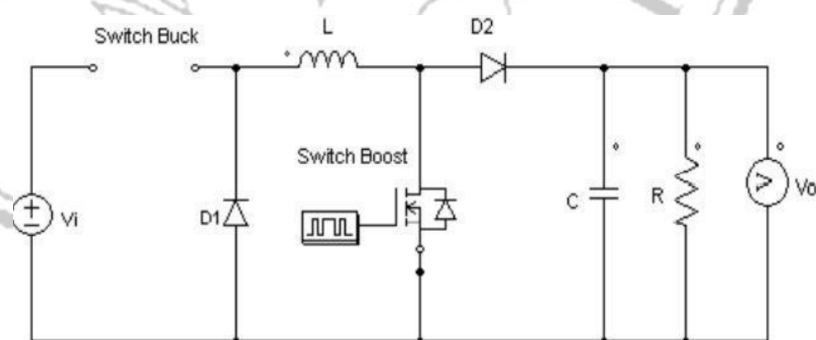
$$\Delta V_o = 1\% \times V_{in} \quad (2.10)$$

Untuk pemilihan kapasitor, nilai kapasitor dihitung dengan variasi tegangan keluaran atau riak seperti dalam persamaan (2.11).

$$C = \frac{V_o \times D}{R \times \Delta V \times f} \quad (2.11)$$

### 2.5.2 Mode Boost Converter

Pada mode boost, buck akan mendapatkan sinyal pensaklaran dari PWM 2 boost, sehingga saklar akan terbuka seperti yang ditunjukkan pada:



**Gambar 2.6** Rangkaian DC-DC Buck Boost Converter mode Boost

Dari gambar 2.10 dapat dilihat saklar boost tertutup sehingga terjadi bias mundur pada Dioda 1 dan dioda 2 mengakibatkan aliran daya akan mengisi induktor. Persamaan pada mode boost dapat dilihat dibawah ini :

$$V_i = VL$$

$$V_i = L \frac{di}{ton} L$$

$$V_i \cdot ton = L \cdot \Delta i \quad (2.11)$$

Pada analisa saklar terbuka mode boost, terjadi ketika kondisi off (terbuka) pada saklar boost yang menyebabkan bias mundur pada dioda 1 dan bias maju pada dioda 2. Dikarenakan impedansi tinggi menyebabkan muatan arus di induktor berkurang. Sehingga polaritas induktor berbalik, sehingga aliran arus beban dan dioda merupakan hasil jumlah arus induktor dengan arus sumber. Pada saat itu juga kapasitor menyimpan energi berupa tegangan. Tegangan keluaran boost converter menjadi lebih tinggi dari pada masukannya.

$$V_o = V_i + VL$$

$$V_o = L \frac{\Delta i}{toff} + V_i \quad (2.12)$$

berikut ini:

$$V_o = V_i + V_i \frac{ton}{toff}$$

$$V_o = V_i (1 + \frac{ton}{toff})$$

$$V_o = V_i \left( \frac{1}{1-D} \right) \quad (2.13)$$

## 2.6 Battery/ Accumulator

PLTS merupakan sumber penghasil energi listrik yang tidak bisa terus menerus sepanjang waktu karena memerlukan sinar matahari dan mengikuti kondisi cuaca yang terjadi oleh karena itu perlu adanya tempat penyimpanan agar saat PLTS tidak bisa menghasilkan listrik tetap ada cadangan sumber listrik dan tempat penyimpanan salah satunya adalah Baterai. Ada berbagai jenis batrai salah satunya adalah baterai Lead Acid.

Baterai Lead Acid sering digunakan karena memiliki kelebihan

yaitu :

- Bebas perawatan,
- Relatif murah,
  - Mampu discharging hingga 80% dari kapasitasnya (deep discharging),
  - Memiliki tingkat bahaya yang sedikit dibandingkan dengan jenis lainnya.

Akan tetapi baterai Lead Acid memiliki kelemahan berupa masa pakai (life-time) yang pendek jika diisi oleh arus tinggi dan melebihi kapasitasnya. Agar baterai memiliki masa pakai yang lama, State of Charge (SoC) dan arus pengisian daya harus diatur.

Ada beberapa cara untuk memperkirakan SoC baterai. menggunakan persamaan berikut:

$$SoC = SoC_0 + \frac{\eta}{c_{bat}} \int_{t_0}^t i_{bat}(\tau) d\tau \quad (2.14)$$

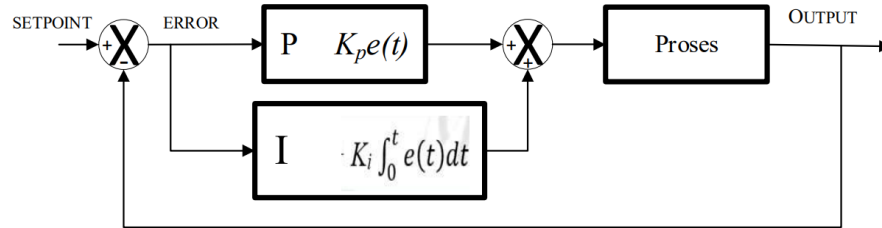
## 2.7 DC Bus

DC bus adalah penghubung antara sumber dengan beban yang dimana DC bus berperan dalam mengontrol tegangan sehingga beban mendapatkan daya sesuai dengan yang diinginkan. Nilai tegangan yang ditetapkan pada BUS DC bisa bervariasi biasanya mulai dari 12V hingga 600 V pada penggunaan di perumahan. Keunggulan menggunakan nilai tegangan tinggi adalah mengurangi rugi-rugi daya.



## 2.8 Proportional Integral (PI)

*Proportional Integral* (PI) adalah suatu kontrol yang terdiri dari *Proportional*(P) dan *Integral*(I).



**Gambar 2.7** Blok kontrol PI

Berikut persamaan matematis PI dapat dituliskan sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.15)$$

**Tabel 2.1** Respon loop tertutup kontrol PI

Respon Loop Tertutup	Kp	Ki
Settling Time	Perubahan Kecil	Ditingkatkan
Overshoot	Ditingkatkan	Ditingkatkan
Rise Time	Dikurangi	Dikurangi
Error Steady State	Dikurangi	Dieliminasi

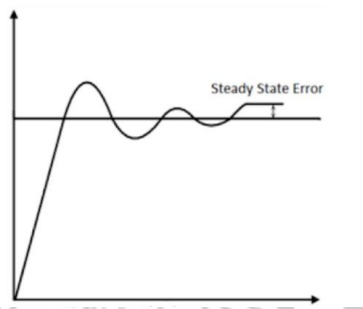
Sebagian kontrol PID yang dikenal sebagai kontrol proporsional-integral secara eksklusif menggunakan PI bersama dengan nilai D nol untuk pengontrol. Fungsi transfer berikut ini ada dalam kontrol PI:

$$G_c(s) = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (2.16)$$

### 2.8.1 Proporsional (P)

Kontrol proporsional(P) memiliki fungsi yaitu memperbaiki *rise time*. Dalam reaksi ini, kesalahan yang besar berhubungan dengan output kontrol yang besar, sedangkan kesalahan kecil berhubungan dengan output kontrol yang kecil. Dengan demikian, menaikkan nilai  $K_p$  akan meningkatkan waktu respons; namun, jika  $K_p$  dinaikkan di atas kisaran tipikal, variabel proses mulai berosilasi dengan cepat, yang membuat sistem tidak seimbang. Rumus persamaan kontrol Proporsional:

$$P = K_p e(t) \quad (2.17)$$

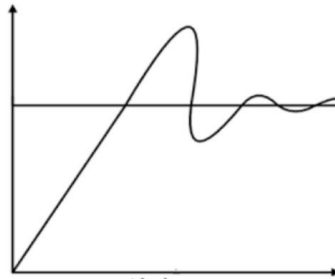


**Gambar 2.8** Respon proporsional

### 2.8.2 Integral (I)

Pengontrol integral umumnya digunakan untuk mengurangi kesalahan atau memperbaiki *overshoot*. Ketika  $K_i$  meningkat, kecepatan respons menurun, dan penguatan integral berkorelasi terbalik dengan waktu respons. Untuk mendapatkan kecepatan respons dan respons kondisi yang baik, pengontrol proporsional dan integral diintegrasikan (pengontrol PI). Rumus persamaan kontrol Integral:

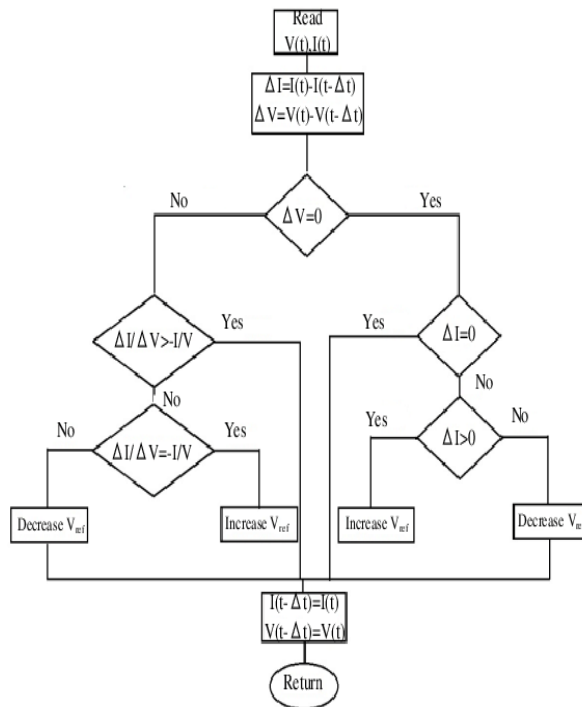
$$I = K_I \int_0^t e(t) dt \quad (2.18)$$



**Gambar 2.9** Respon Integral

### 2.9 Algoritma P&O

Melalui variasi siklus kerja dan pengamatan daya PV, algoritma P&O mengatasi setiap kesalahan pada tegangan PV dan menyesuaikan tegangan PV pada siklus berikutnya. Titik kerja kemiringan positif dan negatif digerakkan oleh algoritma ini sehingga selalu berada pada titik maksimum. Parameter input untuk metode ini adalah daya, tegangan, dan arus sistem PV.



**Gambar 2.10** algoritma P&O