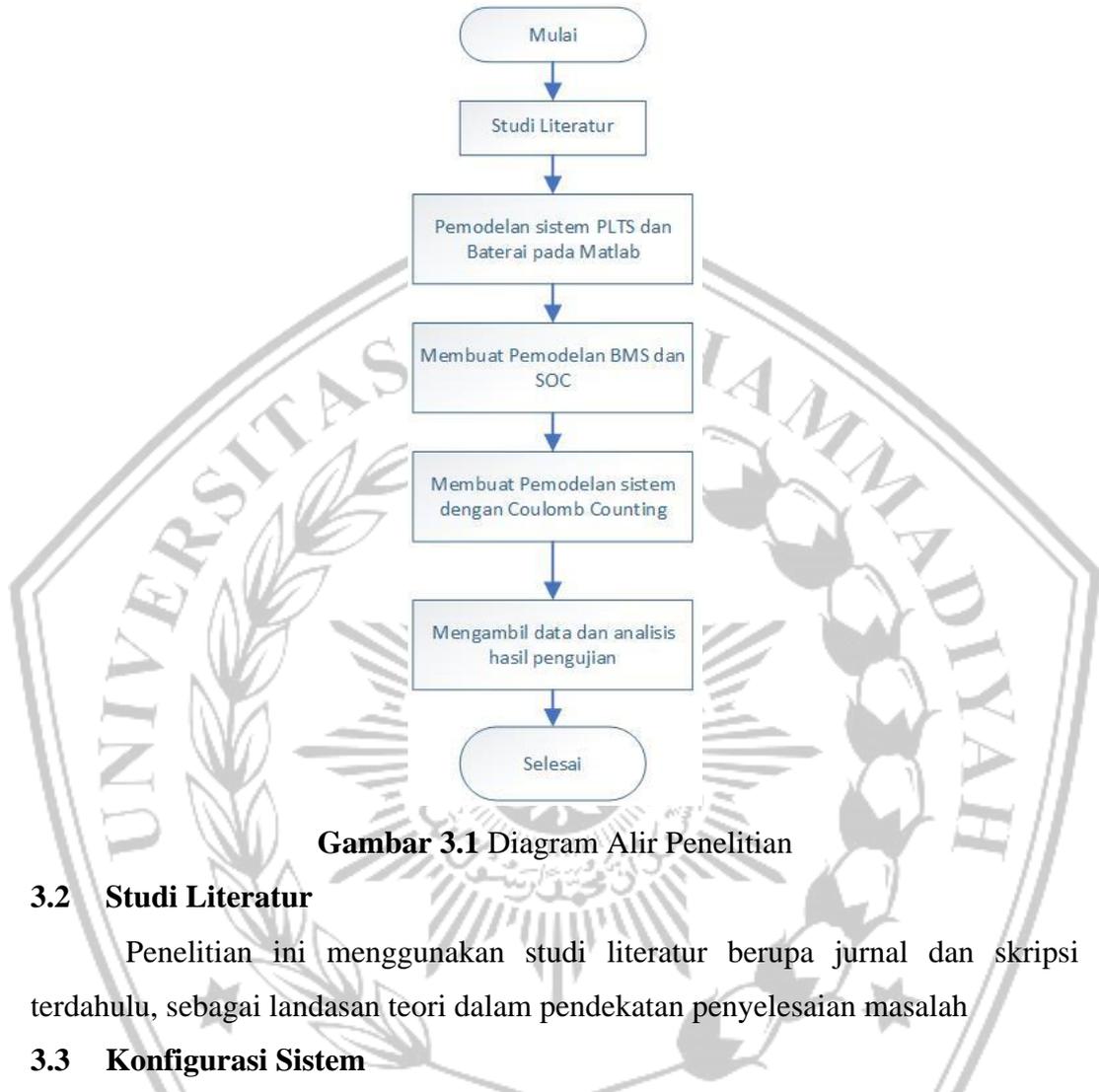


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

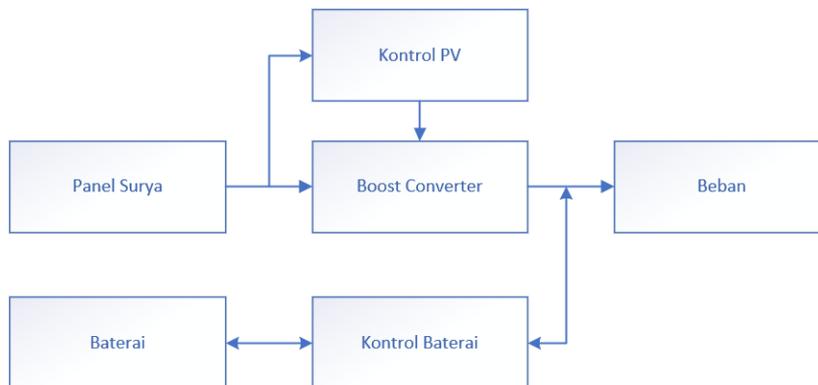


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur

Penelitian ini menggunakan studi literatur berupa jurnal dan skripsi terdahulu, sebagai landasan teori dalam pendekatan penyelesaian masalah

3.3 Konfigurasi Sistem



Gambar 3.2 Block Diagram Penelitian

Bagian 2 merupakan Sistem PLTS dengan 2 jenis *DC to DC* dan baterai. Terlihat pada **Gambar 3.2**, panel surya menghasilkan tegangan listrik DC, selanjutnya tegangan dinaikan menggunakan *unidirectional converter* yang terintegrasi dengan MPPT. Daya berlebih akan diserap baterai pada *buck mode* dan sebaliknya kekurangan daya pada bus DC akan disuplai pada *boost mode*, atau dapat dikatakan *bidirectional converter* bekerja untuk mempertahankan nilai tegangan DC pada tegangan referensi.

3.3.1 Perancangan Sumber Tegangan dan Beban

Sumber tegangan yang digunakan merupakan tegangan grid 1 fasa dan beban yang digunakan merupakan rangkaian RL dengan *rectifier* sebagai pemodelan beban *non-linear*, rating daya beban sebesar $\pm 1\text{kW}$. Sedangkan untuk mendapatkan nilai parameter tegangan DC digunakan persamaan (3.1) sebagai berikut :

$$V_{DC(Max)} = \frac{3\sqrt{2} \times 220}{3,14} = \pm 300 \text{ V} \quad (3.1)$$

Tabel 3.1 Parameter Sumber dan Beban

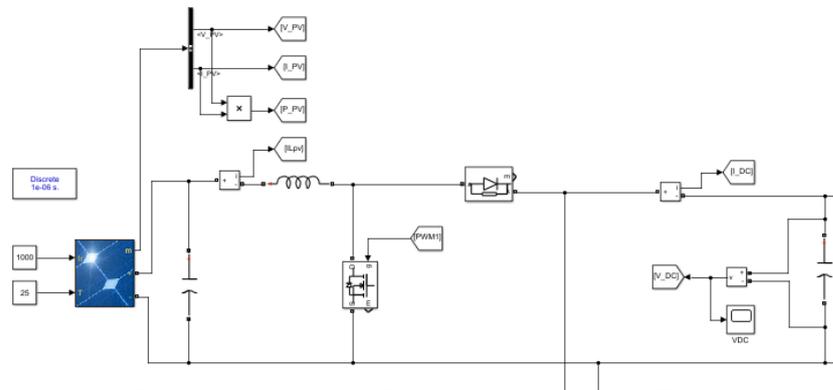
Tabel Parameter	
Tegangan Sumber	220 V _{RMS}
Frekuensi	50 Hz
RL Jaringan	10 Ω 10 μF
RL Beban	20 Ω 100 μF

$$L_1 = \frac{V_{dc}}{8\Delta I_{T,max}f_{sw}} = 1 \text{ mH} \quad (3.2)$$

$$C \leq 5\% \frac{S}{\omega_f V_{AC}^2} = 3.29 \text{ μF} \quad (3.3)$$

Dimana nilai L2 digunakan 3,5 kali lebih kecil dari nilai L1 yakni sebesar 0,298 mH.

3.4 Perancangan Bagian 2



Gambar 3.2 Rangkaian Sistem PLTS

3.4.1 Sistem PLTS

Spesifikasi panel surya yang digunakan adalah 43 Vmp, 51,5 Voc, 8,13 A Imp, 9,4 A ISc dan 350 W, yang dirangkai secara seri sebanyak 6 buah, selain menggunakan panel surya sistem ini juga menggunakan baterai *lithium ion* sebagai sumber tegangan DC lainnya.

Tabel 3.2 Parameter Sistem PLTS.

Tabel Parameter	
Daya maksimum PV Array	2.100 W
Tegangan open circuit PV Array (Voc)	309 V
Arus short circuit (Isc)	9,4 A
Tegangan max power PV Array (Vmp)	258 V
Arus max power (Imp)	8,13 A
Set point tegangan DC	300 V
Nominal tegangan baterai	48 V
Kapasitas baterai	200 Ah
Frekuensi switching	5 kHz

Untuk dapat menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan nilai referensi digunakan *DC to DC converter*, pada panel surya digunakan *boost converter*. Untuk menentukan nilai parameter dari *boost converter* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$L = \frac{V_{in} (V_o - V_{in})}{\Delta I_L f_{sw} V_o} = 25 \text{ mH} \quad (3.4)$$

$$C = \frac{I_o (V_o - V_{in})}{f_{sw} V_o \Delta V_C} = 74 \mu\text{F} \quad (3.5)$$

Battery management system (BMS) menggunakan *buck-boost converter* terkontrol. Untuk menentukan nilai parameter dari *buck-boost converter* digunakan persamaan sebagai berikut :

Buck Mode :

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f_{sw}} = 12 \text{ mH} \quad (3.6)$$

$$C_{low} = \frac{\Delta Q}{\Delta V_o} = \frac{\Delta I_L T}{\Delta V_o} = \frac{\Delta I_L}{8f_{sw} \Delta V_o} = 21 \mu\text{F} \quad (3.7)$$

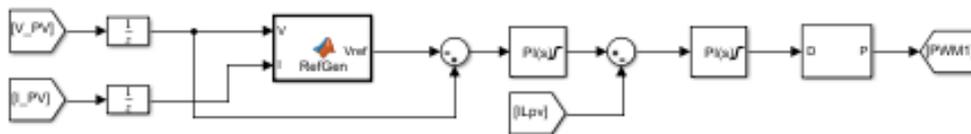
Boost Mode :

$$L_{min} = \frac{RD(1-D)^2}{2f_s} = 12 \text{ mH} \quad (3.8)$$

$$C_{high} = \frac{V_o D}{R \Delta V_o f_{sw}} = 234 \mu\text{F} \quad (3.9)$$

Dimana nilai C_{low} merupakan nilai kapasitor dari baterai sedangkan C_{high} merupakan nilai kapasitor output bus DC. Namun pada penelitian ini hanya digunakan satu kapasitor pada bus DC dengan nilai tertinggi yakni 1000 μF , karena masih memiliki fungsi yang sama dan dapat menyederhanakan rangkaian.

3.4.2 Perancangan Kontrol PV dengan MPPT



Gambar 3.3 Kontrol PV dengan MPPT

Metode yang digunakan untuk mendapatkan nilai *maximum power point* (MPP) adalah algoritma *pethrub & observe* (P&O). Adapun nilai step yang digunakan adalah 0,5 volt, Keluaran dari algoritma tersebut merupakan nilai tegangan referensi panel surya, yang dikontrol dengan menggunakan kontrol PI

tegangan, terlihat pada persamaan (3.10).

$$K_p e_{VPV}(t) + K_i \int_0^t e_{VPV}(t) = I_{IPVref}(t) \quad (3.10)$$

Nilai eror tegangan PV merupakan hasil pengurangan nilai tegangan sesungguhnya PV dengan tegangan referensi PV, terlihat pada persamaan (3.11),

$$e_{VPV} = V_{PV} - V_{PVref} \quad (3.11)$$

dan keluaran kontrol PI berupa arus induktor referensi PV. Desain kontrol PI arus induktor PV dijabarkan pada persamaan (3.12, sebagai berikut :

$$K_p e_{IIPV}(t) + K_i \int_0^t e_{IIPV}(t) = PWM1_{signal}(t) \quad (3.12)$$

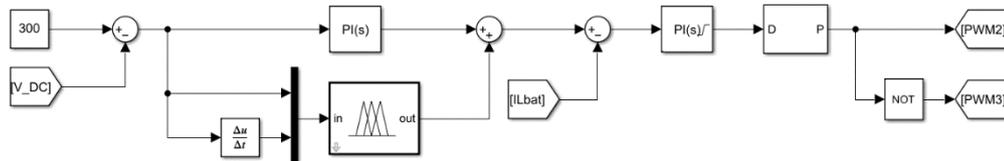
Nilai eror arus induktor PV merupakan hasil pengurangan nilai arus induktor referensi PV dan nilai arus induktor sesungguhnya PV, terlihat pada persamaan (3.13),

$$e_{IIPV} = I_{IPVref} - I_{IPV} \quad (3.13)$$

sehingga didapatkan keluaran berupa nilai sinyal input PWM1.

Nilai kontrol PI tegangan PV yang digunakan adalah P = 0,045 dan I = 0,108, dengan saturasi 0 sampai dengan 9,4, sedangkan nilai kontrol PI arus PV yang digunakan adalah P = 0,45 dan I = 1,08, dengan saturasi 0,1 sampai dengan 0,9.

3.4.3 Perancangan Battery Management System (BMS)



Gambar 3.4 Battery Management System

BMS bekerja sebagai penyeimbang nilai tegangan pada bus DC untuk mempertahankan nilai tegangan referensi sebesar 300V, nilai tersebut dibandingkan dengan tegangan bus DC dan dikontrol dengan kontrol PI-ANFIS, dengan persamaan (3.14).

$$(K_p e_{VDC}(t) + K_i \int_0^t e_{VDC}(t)) = Out_{PI}(t) \quad (3.14)$$

Nilai eror tegangan DC merupakan hasil pengurangan nilai tegangan referensi DC sebesar 300V, dengan nilai tegangan sesungguhnya DC, terlihat pada persamaan (3.15)

$$e_{VDC} = V_{DCref} - V_{DC} \quad (3.15)$$

berikutnya nilai keluaran kontrol PI dijumlahkan dengan nilai keluaran kontrol ANFIS, terlihat pada persamaan (3.16), sehingga didapatkan nilai arus induktor baterai referensi.

$$Out_{PI}(t) - Out_{ANFIS}(t) = I_{lbatref} \quad (3.16)$$

Desain kontrol PI arus induktor baterai, terlihat pada persamaan (3.17) sebagai berikut :

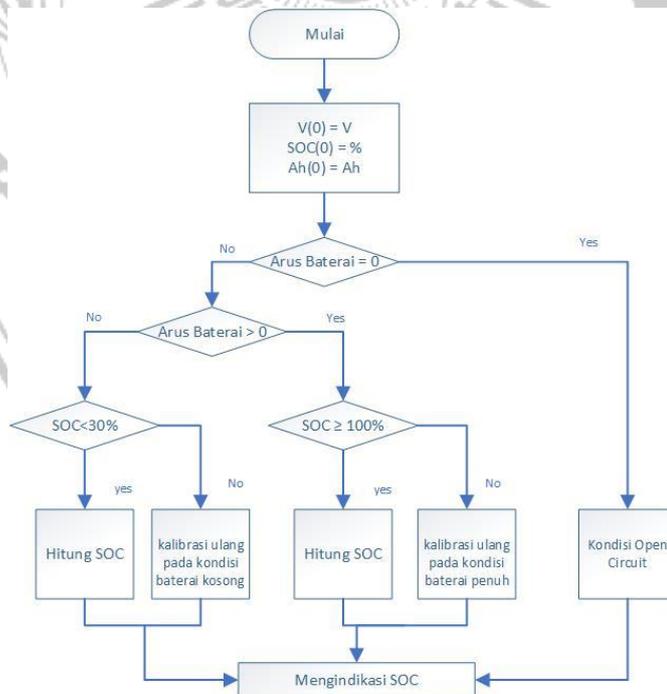
$$K_p e_{lbat}(t) + K_i \int_0^t e_{lbat}(t) = PWM\ 2\ \&\ 3_{signal}(t) \quad (3.17)$$

Keluaran dari kontrol tegangan selanjutnya menjadi referensi arus induktor baterai yang dibandingkan dengan nilai sesungguhnya dengan kontrol PI. Nilai keluaran kontrol digunakan sebagai input PWM 2 dan PWM 3 dengan tambahan logika *NOT*. Nilai eror arus induktor baterai didapatkan dengan menggunakan persamaan (3.18).

$$e_{lbat} = I_{lbatref} - I_{lbat} \quad (3.18)$$

Nilai kontrol PI tegangan bus DC yang digunakan adalah P = 0,45 dan I = 1,08, sedangkan nilai kontrol PI arus baterai yang digunakan adalah P= 0,045 dan I = 0,108 dengan saturasi sebesar 0,1 sampai dengan 0,9.

3.4.4 Perancangan Kontrol Columb Counting.



Gambar 3.5 Flowchart Columb Counting.

Untuk menghitung muatan listrik ini dengan cara mengintegrasikan arus listrik yang mengalir pada baterai terhadap waktu, sehingga diperoleh muatan listrik total yang masuk atau keluar dari baterai. Arus dihasilkan dari sejumlah muatan listrik yang bergerak persatuan waktu. Sehingga untuk mendapatkan nilai muatan listrik total dengan mengintegrasikan arus listrik yang mengalir ke baterai. Secara umum, metode Coulomb Counting dirumuskan sebagai berikut :

$$SOC = \frac{SOC(t_0) \pm \int_{t_0}^{t_0+t_n} i_{bat}.dt}{Q_{rate}} \times 100\% \quad (3.19)$$

Keterangan :

- SOC = Presentase baterai (%)
- SOC(t₀) = presentase baterai detik ke 1
- I bat = arus yang masuk atau keluar (A)
- Q rate = total Ah pada baterai (Ah)

Saat system aktif maka parameter akan membaca tegangan awal (V₀), SOC awal (SOC₀), dan kapasitas baterai (Ah). Estimasi SOC pada metode Coulomb Counting didasarkan pada tegangan dan arus baterai. Pada saat baterai dalam keadaan Open Circuit Voltage (OCV), Ketika system aktif, maka kondisi awal baterai akan terbaca, yakni SOC dan tegangan baterai. Untuk menentukan nilai SOC pada kondisi awal ini menggunakan perhitungan :

$$\frac{Q_{out}}{Q_{max}} \times 100\%, \text{ dimana } Q_{out} \text{ merupakan muatan baterai saat ini (V) dan}$$

Q_{max} merupakan Muatan maksimal baterai (V).