

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

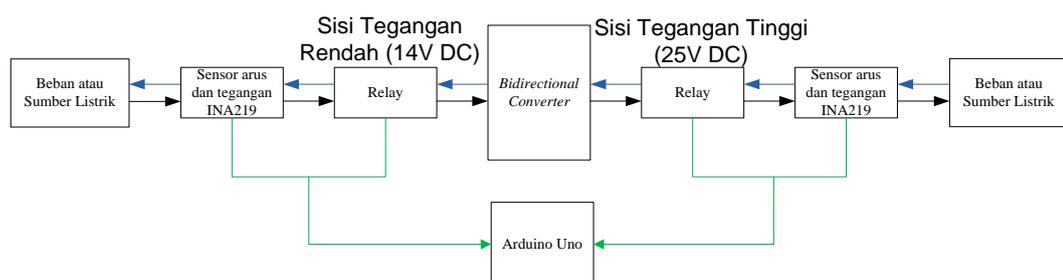
Penelitian yang dilaksanakan bertempat di Kampus Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2018 sampai dengan Desember 2018.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen (uji coba). Diharapkan dengan melakukan pengujian pada alat dapat mencapai tujuan sesuai dengan apa yang diharapkan pada penelitian ini. Tujuannya yaitu, Merancang *bidirectional converter* sebagai *charge controller* pada *back up* sistem fotovoltaik dan mengetahui hasil keluaran dari alat tersebut. Secara umum penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu, pemodelan rangkaian, simulasi rangkaian, pembuatan perangkat keras, dan pengujian alat.

3.3 Diagram Blok Alat

Diagram blok alat menunjukkan cara kerja alat secara umum. Berikut diagram blok alat pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Blok Alat

Pada **Gambar 3.1** dapat dilihat diagram blok sistem *bidirectional converter*, yang mana bagian pengaturan tegangan nantinya menggunakan mikrokontroler. Sedangkan masukan (*input*) atau keluaran (*output*) dari sistem ini adalah perintah

tegangan minimal yang telah ditentukan yaitu 14 V untuk sisi tegangan rendah dan 25 V untuk sisi tegangan tinggi.

3.4 Perangkat Penelitian

Penelitian awal dilakukan dengan membuat model rangkaian *Bidirectional DC-DC Converter* dan disimulasikan. Simulasi ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Power Simulator (PSIM). PSIM digunakan untuk membuat model rangkaian dan menentukan besaran komponen alat agar menghasilkan keluaran yang diinginkan. adapun alat dan bahan yang menunjang penelitian diperlihatkan pada **Tabel 3.1**.

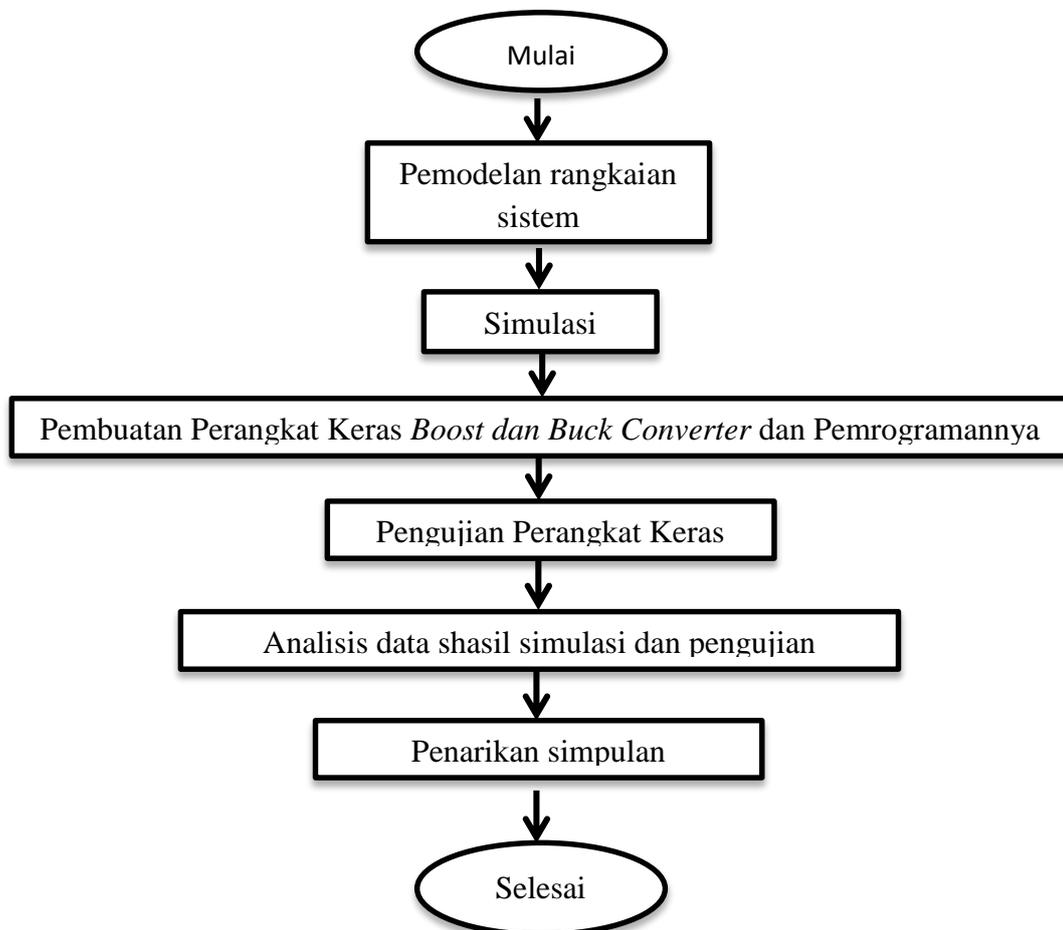
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Penunjang Penelitian

No	Nama Alat/Bahan	Harga/Karakteristik	Keterangan/
1	Solder Listrik	-	1
2	Multimeter	-	1
3	Osiloskop		1
4	<i>Power Supply</i> DC	30 volt/3 ampere	1
5	Kapasitor	20 uF dan 10uF	2
6	Induktor	4,3 mH	2
7	Resistor	200 Ω	1
8	Saklar/Mosfet	IRFP460	2
10	Arduino	Uno	2
11	Sensor Arus dan Tegangan	INA219	2
12	Dioda	3A	2
13	Relay	2 <i>Channel</i>	1

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan pemodelan sistem *bidirectional DC-DC converter*. Model yang dibuat ada dua jenis konverter, yaitu *boost converter* (Penaik Tegangan) dan *buck converter* (Penurun Tegangan). Pemodelan ini bertujuan untuk menentukan rangkaian dan harga atau parameter komponen

sistem. Model *boost* dan *buck* dihubungkan lalu disimulasikan, di mana model rangkaian sistem disimulasikan dengan perangkat lunak Power Simulator (PSIM). Apabila keluaran sistem pada proses simulasi telah sesuai dengan keluaran yang diinginkan dan stabil, maka selanjutnya dilakukan pembuatan perangkat keras *bidirectional DC-DC converter*. Pembuatan perangkat keras dilakukan dengan menyusun komponen sesuai model rangkaian pada perangkat lunak. Perangkat keras yang telah dibuat diprogram agar kinerja alatnya teratur. Setelah itu, perangkat keras diuji dan dianalisis keluarannya. Apabila keluaran yang dihasilkan telah memenuhi harga yang diinginkan, maka selanjutnya dilakukan analisis data hasil pengujian perangkat keras dan hasil simulasi yang sebelumnya telah dilakukan. Adapun diagram alir penelitian diperlihatkan pada **Gambar 3.1**



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.6 Pemodelan Rangkaian

Penelitian ini diawali dengan membuat model rangkaian *bidirectional DC-DC converter*. Pemodelan sistem dilakukan menggunakan perangkat lunak Power Simulator (PSIM). Model rangkaian tersebut terdiri dari komponen berbentuk digital dalam perangkat lunak. Model rangkaian *bidirectional DC-DC converter* terdiri dari model rangkaian *buck converter* (penurun tegangan) dan *boost converter* (penaik tegangan) yang dihubungkan. Setiap komponen yang digunakan memiliki harga yang disesuaikan dengan keluaran yang diinginkan. Terdapat persamaan yang digunakan untuk menentukan harga setiap komponen yang digunakan dan keluaran yang diinginkan. Adapun persamaan yang digunakan sebagai berikut.

3.6.1 Mode Konverter *Buck* (Penurun Tegangan)

- a. Tegangan masukan dan tegangan keluaran

Tegangan masukan menggunakan sumber tegangan DC dengan nominal tertentu. Tegangan masukan yang digunakan adalah 25 V DC dan nilai tegangan keluaran adalah 14 V DC.

- b. *Duty cycle*

Nilai dari *duty cycle* didapat dengan memperhitungkan nilai tegangan masukan dan tegangan keluaran dengan persamaan 3.1

$$D = \frac{V_o}{V_s} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana

$D = \textit{Duty cycle}$

$V_o = \text{Tegangan keluaran (V)}$

$V_s = \text{Tegangan masukan (V)}$

Maka untuk menurunkan tegangan dari 25 V DC ke 14 V DC, *duty cycle* harus bekerja pada nilai 0,56.

- c. Arus beban dan resistansi beban

Arus beban yang dirancang pada alat ini maksimum 1,4 A. Untuk mendapatkan arus tersebut diperlukan nilai resistansi beban yang didapat dari persamaan 3.2

$$R = \frac{V_o}{I} \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana

R = Resistansi beban (R)

V_o = Tegangan keluaran (V)

I = Arus maksimum (A)

Maka akan mendapatkan nilai resistansi beban sebesar 10 Ω . Tetapi untuk mengetahui respon alat terhadap perubahan beban digunakan juga resistansi beban sebesar 20 Ω , 30 Ω , dan 45 Ω .

d. Frekuensi penyalan

Frekuensi penyalan berpengaruh terhadap *ripple* tegangan keluaran yang dihasilkan. Semakin tinggi frekuensi penyalan, maka *ripple* tegangan keluaran semakin rendah begitu pula sebaliknya. Frekuensi penyalan juga untuk mengakali pada rating komponen, untuk mendapatkan rating komponen yang lebih rendah, maka menggunakan frekuensi penyalan yang lebih tinggi. Pada penelitian ini digunakan frekuensi penyalan sebesar 10kHz.

e. Induktor

Induktor berfungsi penyimpan energi saat saklar on dan akan melepas energi pada saat saklar off. Nilai induktor minimum ditentukan pada saat kondisi *Continuous Conduction Mode* (CCM), yaitu suatu kondisi dimana arus induktor selalu kontinu setiap setiap waktu atau dapat dikatakan selalu lebih besar dari nol, nilai induktor minimum ditentukan pada persamaan

3.3

$$L_{min} = \frac{(1-D)R}{2f} \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana

L_{min} = nilai induktor minimum (mH)

D = *Duty cycle*

R = resistansi (Ω)

F = frekuensi (Hz)

Dari persamaan **3.3** untuk mendapatkan nilai induktansi minimum, digunakan nilai-nilai parameter sebagai berikut.

$$D = 0,56$$

$$R = 10 \Omega$$

$$F = 10 \text{ kHz}$$

Maka didapatkan nilai $L_{min} = 0,00022 \text{ mH}$ agar dapat berjalan pada mode CCM. Tetapi induktor yang digunakan sebesar $4,3 \text{ mH}$ dengan arus maksimum 3 A . Karena nilai induktor yang digunakan lebih besar dari nilai induktor minimum, maka terpenuhi syarat mode CCM .

f. Kapasitor

Kapasitor pada alat ini berguna sebagai *low pass filter*, yaitu sebagai pengurang *ripple* pada tegangan dan arus keluaran. Nilai kapasitansi ditentukan pada persamaan 3.4.

$$C = \frac{(1-D)}{8L \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) X f^2} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dimana

C = Kapasitor (F)

V_o = Tegangan Output (V)

D = *Duty cycle*

ΔV_o = Tegangan *ripple* output (V)

F = Frekuensi (Hz)

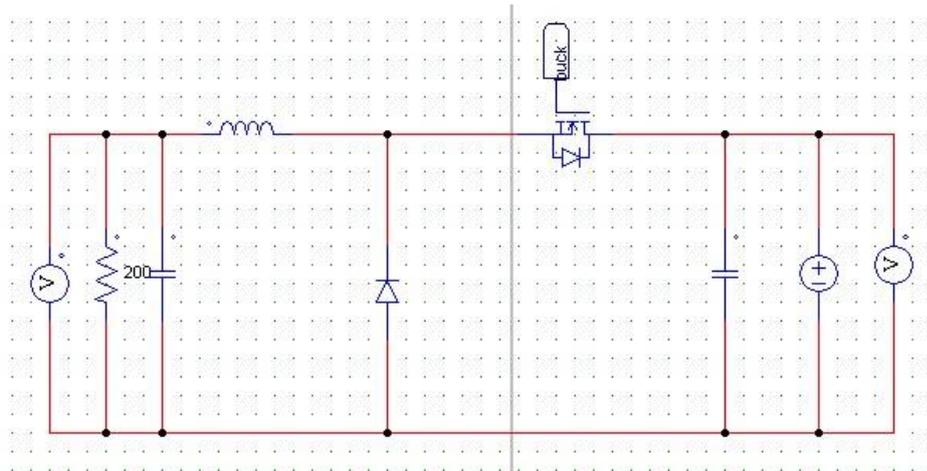
Dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang telah ditentukan, jika dipilih *ripple* $\Delta V_o = 1,5 \%$, menurut (Doerry and Amy) minimal *ripple* adalah $1,5\%$. Maka didapatkan nilai kapasitansi $C = 2333 \text{ uF}$. Karena nilai tersebut tidak ada di pasaran, maka dipilih nilai kapasitansi sebesar 3300 uF dengan rating tegangan sebesar 50 V yang ada di pasaran.

g. Dioda, penyearah gelombang tegangan dan arus

h. Mosfet, sebagai saklar pada rangkaian.

Adapun model rangkaian untuk mode *buck converter* diperlihatkan pada

Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Model Rangkaian *Buck Converter* (Penurun Tegangan)

3.6.2 Mode Konverter *Boost* (Peningkat Tegangan)

- a. Tegangan masukan dan tegangan keluaran

Tegangan masukan menggunakan sumber tegangan DC dengan nominal tertentu. Tegangan masukan yang digunakan adalah 14 V DC dan nilai tegangan keluaran adalah 15 V DC.

- b. *Duty cycle*

Nilai dari *duty cycle* didapat dengan memperhitungkan nilai tegangan masukan dan tegangan keluaran dengan persamaan 3.5

$$D = 1 - \frac{V_s}{V_o} \dots \dots \dots (3.5)$$

Dimana

D = *Duty cycle*

V_o = Tegangan keluaran (V)

V_s = Tegangan masukan (V)

Maka untuk menurunkan tegangan dari 25 V DC ke 14 V DC, *duty cycle* harus bekerja pada nilai 0,44.

- c. Arus beban dan resistansi beban

Arus beban yang dirancang pada alat ini maksimum 1,4 A. Untuk mendapatkan arus tersebut diperlukan nilai resistansi beban yang didapat dari persamaan 3.6

$$R = \frac{V_o}{I} \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana

R = Resistansi beban (Ω)

V_o = Tegangan keluaran (V)

I = Arus maksimum (A)

Maka akan mendapatkan nilai resistansi beban sebesar 17,857 Ω atau dibulatkan menjadi 18 Ω . Tetapi untuk mengetahui respon alat terhadap perubahan beban digunakan juga resistansi beban sebesar 20 Ω , 30 Ω , dan 45 Ω .

d. Frekuensi penyalaan

Frekuensi penyalaan berpengaruh terhadap *ripple* tegangan keluaran yang dihasilkan. Semakin tinggi frekuensi penyalaan, maka *ripple* tegangan keluaran semakin rendah begitu pula sebaliknya. Frekuensi penyalaan juga untuk mengakali pada rating komponen, untuk mendapatkan rating komponen yang lebih rendah, maka menggunakan frekuensi penyalaan yang lebih tinggi. Pada penelitian ini digunakan frekuensi penyalaan sebesar 10 kHz.

e. Induktor

Induktor berfungsi menyimpan energi saat saklar on dan akan melepas energi pada saat saklar off. Nilai induktor minimum ditentukan pada saat kondisi *Continuous Conduction Mode* (CCM), yaitu suatu kondisi dimana arus induktor selalu kontinu setiap setiap waktu atau dapat dikatakan selalu lebih besar dari nol, nilai induktor minimum ditentukan pada persamaan

3.7

$$L_{min} = \frac{D(1-D)^2 R}{2f} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana

L_{min} = Nilai induktor minimum (mH)

D = *Duty cycle*

R = Hambatan beban (Ω)

F = Frekuensi penyalaan (Hz)

Dari persamaan 3.7 untuk mendapatkan nilai induktansi minimum, digunakan nilai-nilai parameter sebagai berikut.

$$D = 0,44$$

$$R = 18 \Omega$$

$$F = 10 \text{ kHz}$$

Maka didapatkan nilai $L_{min} = 0,000124186 \text{ mH}$ agar dapat berjalan pada mode CCM. Tetapi induktor yang digunakan sebesar 4,3 mH dengan arus maksimum 3 A. Karena nilai induktor yang digunakan lebih besar dari nilai induktor minimum, maka terpenuhi syarat mode CCM .

f. Kapasitor

Kapasitor pada alat ini berguna sebagai *low pass filter*, yaitu sebagai pengurang *ripple* pada tegangan dan arus keluaran. Nilai kapasitansi ditentukan pada persamaan 3.8.

$$C = \frac{D}{R \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) F} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana

C = Kapasitor (F)

V_o = Tegangan Output (V)

D = *Duty cycle*

ΔV_o = Tegangan *ripple* output (V)

F = Frekuensi (HZ)

R = Resistor (Ω)

Dengan memasukkan nilai-nilai parameter yang telah ditentukan, jika dipilih *ripple* $\Delta V_o = 1,5 \%$, menurut (Doerry and Amy) minimal *ripple* adalah 1,5%. Maka didapatkan nilai kapasitansi $C = 4074 \text{ uF}$. Karena nilai tersebut tidak ada di pasaran, maka dipilih nilai kapasitansi sebesar 4700 uF dengan rating tegangan sebesar 50 V yang ada di pasaran.

g. Dioda, penyearah gelombang tegangan dan arus

h. Mosfet, sebagai saklar pada rangkaian.

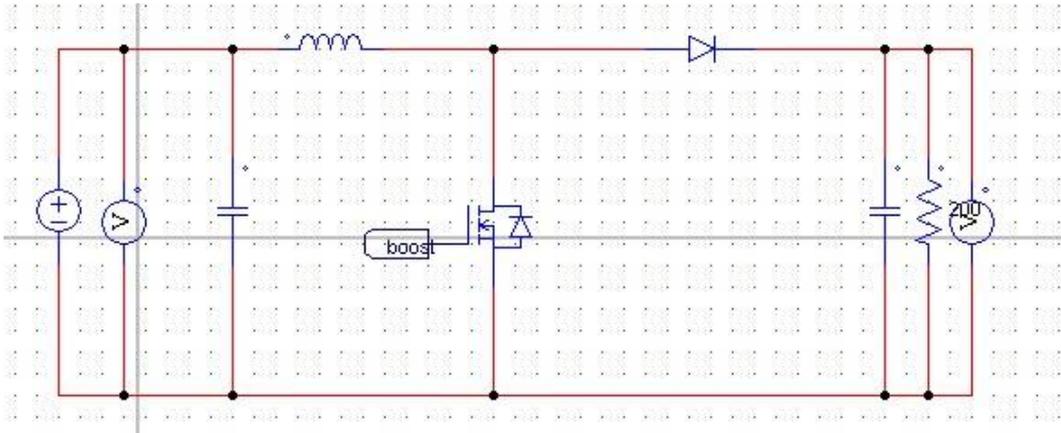
Adapun model rangkaian untuk mode *boost converter* diperlihatkan pada

Gambar 3.4.

Surya Sofiry, 2019

RANCANG BANGUN BIDIRECTIONAL DC-DC CONVERTER SEBAGAI CHARGE CONTROLLER PADA BACK UP SISTEM FOTOVOLTAIK

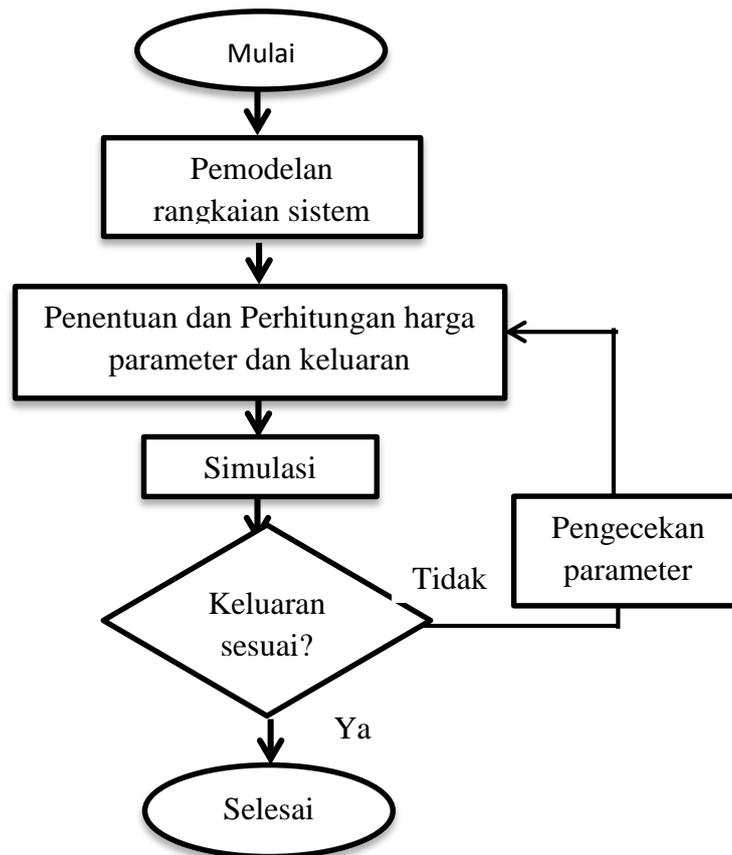
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.4 Model Rangkaian *Boost Converter* (Penaik Tegangan)

3.7 Simulasi

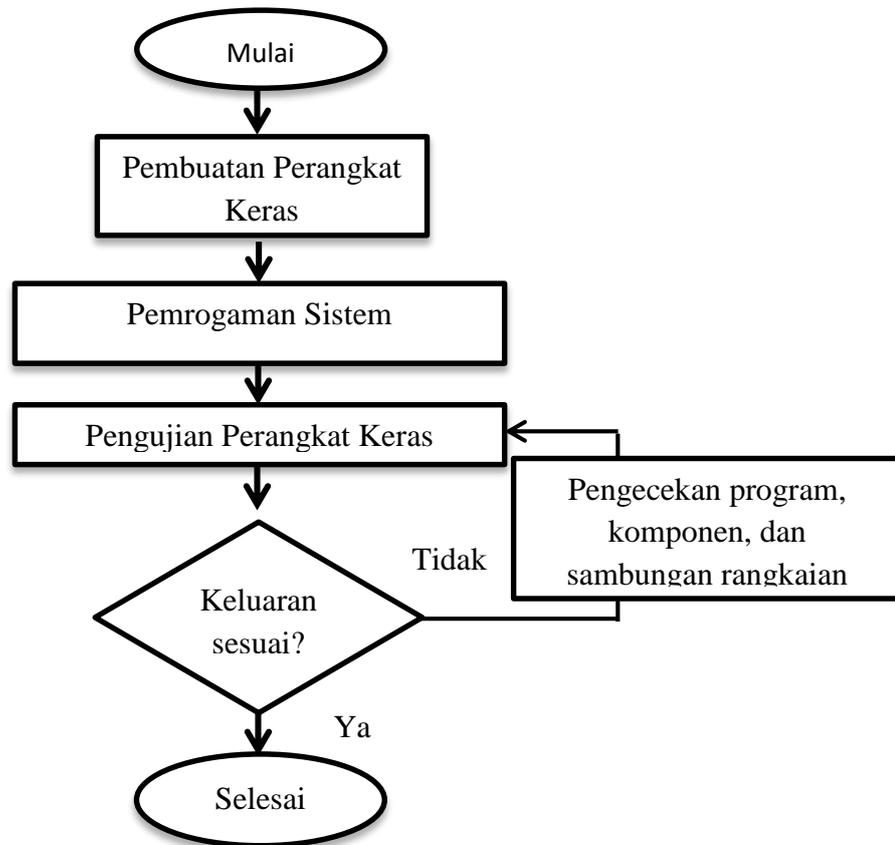
Setelah melakukan pemodelan hal selanjutnya yang dilakukan adalah simulasi. model rangkaian *bidirectional DC-DC converter* disimulasikan dan dianalisis hasil simulasinya. Untuk model rangkaian *boost converter* dilihat apakah keluaran tegangan naik sesuai ketentuan yang dibuat dari harga tegangan masukan. Sedangkan model rangkaian *buck converter* dilihat apakah keluaran tegangannya turun dari nilai tegangan masukan. Tegangan keluaran converter dipengaruhi oleh harga komponen yang digunakan, komponen tersebut dihitung harganya menggunakan persamaan 3.1 sampai 3.8. Apabila hasil keluaran kedua konverter tersebut telah sesuai dengan ketentuan dan gelombangnya stabil maka dilakukan tahap penelitian selanjutnya. Namun apabila keluaran tegangan gelombangnya tidak sesuai dan tidak stabil, maka parameter dan rangkaian diperiksa bilamana ada kesalahan penyambungan. Adapun diagram alir pelaksanaan simulasi model rangkaian diperlihatkan pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Diagram Alir Proses Simulasi Model Rangkaian

3.8 Pembuatan Perangkat Keras

Penelitian dilanjutkan dengan merancang perangkat keras *bidirectional DC-DC converter*. Adapun komponen dan peralatan yang dibutuhkan dicantumkan pada **Tabel 3.1**. Perangkat keras yang dirancang ada dua jenis, yaitu rangkaian *boost converter* (Penaik Tegangan) dan *buck converter* (Penurun Tegangan). Komponen dirangkai dan disambungkan satu sama lain berdasarkan jenis konverter yang akan dirancang. Apabila perangkat keras telah dirancang, maka kedua konverter dihubungkan dan deprogram menggunakan perangkat lunak Arduino. Pemrograman bertujuan untuk mengatur kinerja dan memonitor keluaran dari alat. Adapun diagram alir pembuatan alat diperlihatkan **Gambar 3.6**.



Gambar 3.6 Diagram Alir Perancangan Perangkat Keras *Bidirectional DC-DC Converter*

Apabila perangkat keras *bidirectional DC-DC converter* telah dirancang, selanjutnya dilakukan pengujian alat. Pengujian alat menggunakan osiloskop, sedangkan parameter yang diuji adalah tegangan dan arus keluaran kedua konverter. Apabila keluaran alat belum dihasilkann secara maksimal dan stabil, maka dilakukan pengecekan ulang dari komponen dan sambungan pada rangkaian bilamana terjadi kesalahan pemasangan.

3.9 Langkah – Langkah Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan untuk membuktikan hasil perancangan dan pembuatan alat bekerja atau berfungsi sesuai tujuan pembuatan alat. Langkah-langkah pengujian alat adalah sebagai berikut.

Surya Sofiry, 2019

RANCANG BANGUN BIDIRECTIONAL DC-DC CONVERTER SEBAGAI CHARGE CONTROLLER PADA BACK UP SISTEM FOTOVOLTAIK

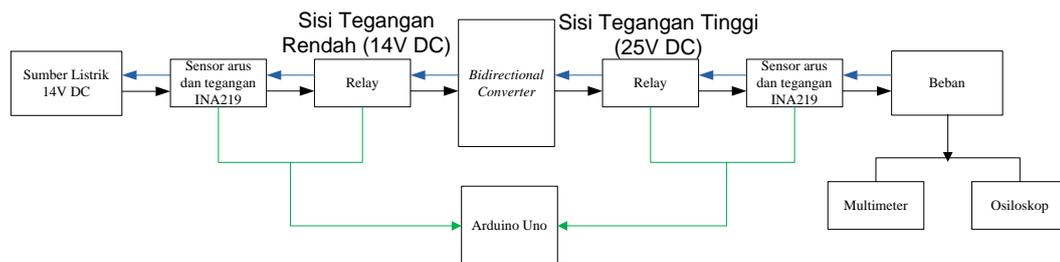
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.9.1 Pengujian Pembacaan Sensor Arus dan Tegangan INA219

Pengujian hasil pembacaan kWh bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan nilai pada sensor. Peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian pembacaan sensor adalah power suplai DC, Arduino Uno, multimeter, dan beban resistif. Cara pengujiannya adalah dengan membandingkan nilai pembacaan sensor dan nilai pembacaan di multimeter.

3.9.2 Pengujian Fungsi Alat pada Mode *Boost*

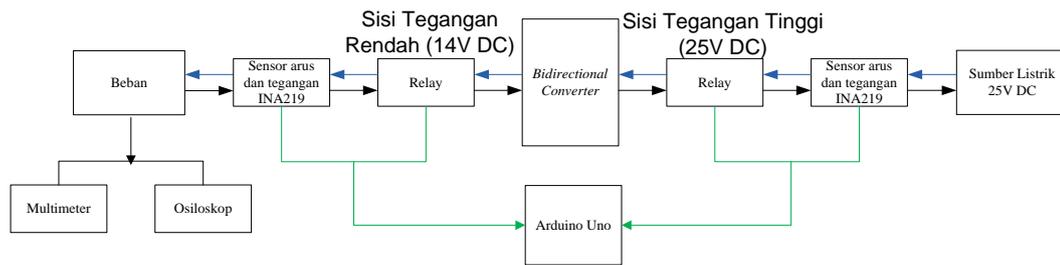
Pengujian fungsi pada alat, meliputi pengujian alat pada mode *boost* dan pembacaan sensor. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan menggunakan multimeter pada sisi keluaran dan sisi masukan, kemudian melihat bentuk tegangan menggunakan osiloskop. Sisi keluaran diberikan beban resistif sebesar 18Ω , 20Ω , 30Ω , dan 45Ω , kemudian diukur tegangan dan arus keluaran. Rangkaian pengujian dapat dilihat di **Gambar 3.7**



Gambar 3.7 Rangkaian Pengujian pada Mode *Boost*

3.9.3 Pengujian Fungsi Alat pada Mode *Buck*

Pengujian fungsi pada alat, meliputi pengujian alat pada mode *buck* dan pembacaan sensor. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan menggunakan multimeter pada sisi keluaran dan sisi masukan, kemudian melihat bentuk tegangan menggunakan osiloskop. Sisi keluaran diberikan beban resistif sebesar 10Ω , 20Ω , 30Ω , dan 45Ω , kemudian diukur tegangan dan arus keluaran. Rangkaian pengujian dapat dilihat di **Gambar 3.8**



Gambar 3.8 Rangkaian Pengujian pada Mode *Buck*

3.9.4 Pengujian Parameter Alat pada kondisi Perubahan Mode

Pengujian parameter alat pada saat perubahan mode dilakukan untuk pengujian pada pembacaan sensor dan fungsi relay. Pengujian parameter pencurian terbagi menjadi dua, yaitu ketika parameter mode *boost* dan parameter mode *buck*.

- a. Pengujian parameter mode *boost*, langkah pengujiannya dimulai dengan memberikan suplai listrik DC pada sisi tegangan rendah sebesar lebih dari 12,6V DC. Apabila di atas tegangan tersebut maka alat bekerja pada mode *boost*.
- b. Pengujian parameter mode *buck*, langkah pengujiannya dimulai dengan memberikan suplai listrik DC pada sisi tegangan tinggi sebesar sebesar 25V DC. Karena di sisi tegangan rendah tidak ada tegangan di atas 12,6 V DC, maka alat bekerja pada mode *buck*.

3.10 Analisis Data

Setelah pengujian alat selesai apabila harga keluaran sistem telah sesuai dengan parameter yang ditentukan dan stabil, lalu dilakukan analisis data mengenai hasil simulasi dan pengujian alat. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui keluaran alat apakah sesuai dengan parameter dan memenuhi ketentuan secara teori.