

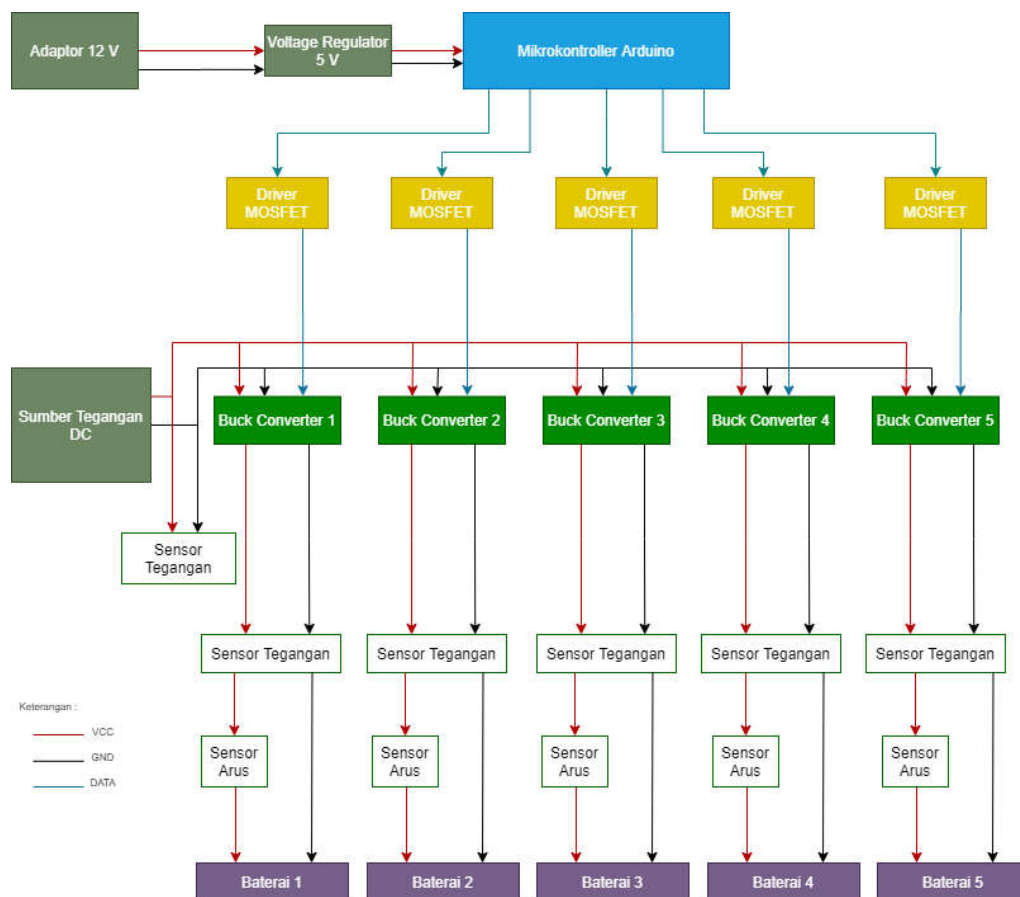
BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini dibahas mengenai perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Hal tersebut guna mewujudkan tugas akhir yang berjudul “Rancang bangun *buck converter multi-channel* dengan mikrokontroller arduino pada pengaplikasian *battery charger*”.

3.1 Blok Fungsional Sistem

Perancangan dilakukan dengan membuat blok diagram, sebagaimana gambar berikut ini.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Dalam penelitian akhir ini dirancang sebuah sistem pengisian baterai untuk kendaraan listrik yang didalamnya terdiri dari sumber tegangan DC (Rangkaian AC-

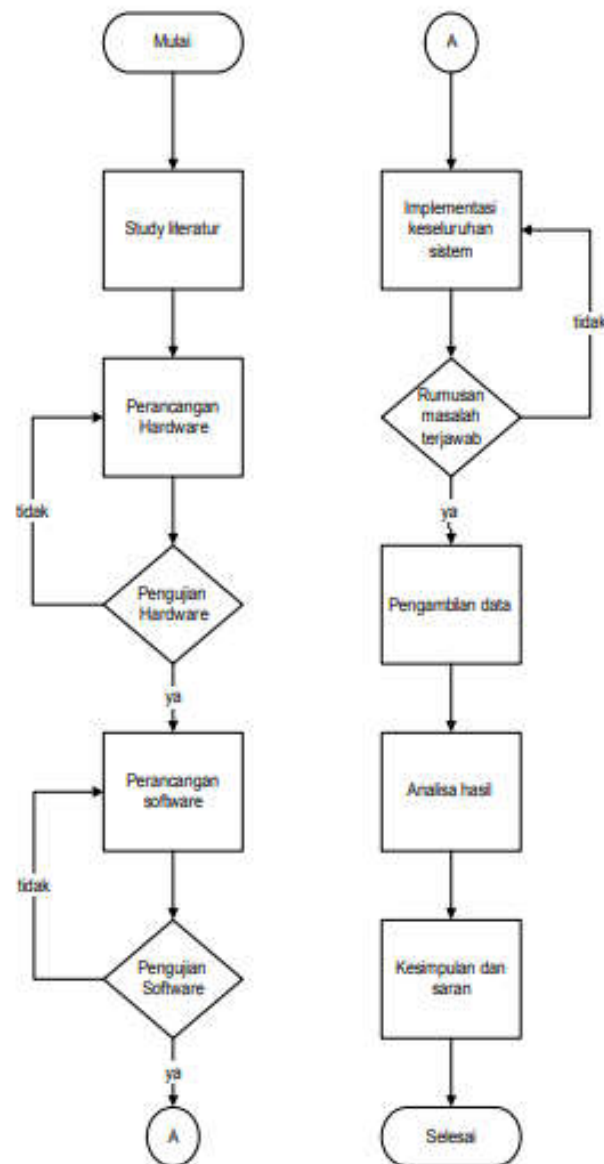
DC Full Wave Rectifier) yang berfungsi sebagai *supply* untuk rangkaian *buck converter*. Nilai tegangan akan dideteksi oleh sensor yang akan dikontrol dengan luaran berupa *duty cycle* sebagai pengatur pensaklaran mosfet pada rangkaian *buck converter*. Keluaran dari *buck converter* akan disensing menggunakan sensor tegangan / *voltage divider* sebagai *feedback* pengubah *duty cycle* yang digunakan untuk pengisian baterai secara otomatis.

Pusat pengontrolan dari *sistem battery charging* menggunakan mikrokontroller arduino. Sumber tegangan mikrokontroller berasal dari catu daya adaptor 12 V yang sudah di regulasi dengan IC *voltage regulator*. Sinyal *pulse* dibangkitkan oleh mikrokontroller dengan frekuensi yang ditentukan untuk mengatur *switch* MOSFET pada *buck converter*. Pada sistem yang dirancang menggunakan *output* keluaran *buck converter* sebanyak lima buah sehingga digunakan 5 buah MOSFET yang terpasang secara paralel untuk *switching* tegangan ke masing-masing baterai. Pengendalian pada MOSFET menggunakan *driver* MOSFET berupa transistor NPN sehingga *timing* MOSFET bekerja dapat dikendalikan kapan harus ON atau OFF.

Perancangan sistem ini pun menggunakan sensor arus ACS712 sebagai umpan balik yang juga untuk mengubah *duty cycle* PWM secara otomatis untuk setting keluaran arus dari output *buck converter* dan sistem *cut-off* ketika tegangan sudah sesuai setpoint maka *duty cycle* PWM = 0 sehingga tidak ada arus yang masuk ke baterai. Performa kerja dari *buck converter* nantinya juga dipengaruhi oleh proses pembebanan yang berubah-ubah. Oleh karena itu digunakan sistem *controller* untuk mengendalikan kestabilan keluaran dari rangkaian *buck converter*.

Berdasarkan Gambar 3.1 diatas, perencanaan dan pembuatan perangkat keras pada tugas akhir ini meliputi :

1. Perencanaan koneksi *pin planner* mikrokontroller.
2. Perencanaan dan pembuatan rangkaian driver MOSFET dan pembangkitan sinyal PWM arduino.
3. Perencanaan dan pembuatan rangkaian *buck converter* lima *channel* keseluruhan.
4. Perencanaan dan pembuatan rangkaian pembaca arus dan tegangan.



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.2 Perancangan *Setting Port* Mikrokontroller

Perancangan sistem *buck converter* ini menggunakan mikrokontroller arduino Mega 2560, penentuan mikrokontroller ini di dasari pada banyak nya penggunaan pin analog untuk kepentingan sensor tegangan maupun arus pada sisi *input* maupun *output* nya serta mengingat spesifikasi dari Arduino Mega 2560 sudah sangat sesuai dengan perancangan sistem yang akan digunakan. Penggunaan sensor tegangan

sebagai inisiasi *monitoring* tegangan baterai pada saat proses pengisian maupun pemakaian berlangsung dan digunakan pula sensor arus untuk mendeteksi dan mengatur keluaran arus ke baterai melalui sensing data ke *feedback* sinyal PWM arduino. Berikut koneksi *pin planner* antara mikrokontroller arduino dengan pin analog maupun digital (PWM) yang digunakan pada perancangan tugas akhir ini.

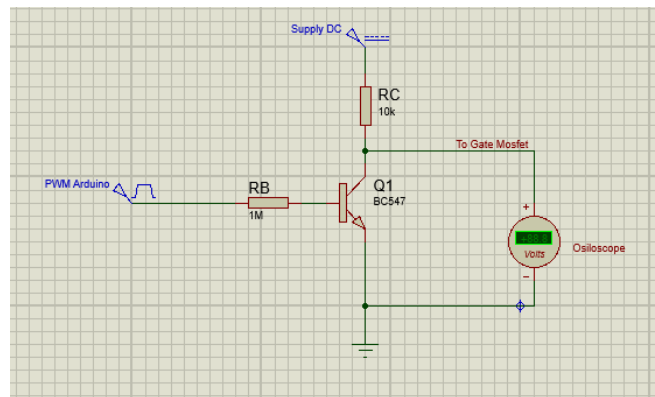
Tabel 3.1 *Pin Planner* Mikrokontroller dengan Sistem Perancangan *Buck Converter*

Pin Mikrokontroller Arduino	Kegunaan
Pin 9 (PWM Output)	• Kontrol <i>Driver</i> PWM Baterai 1
Pin 10 (PWM Output)	• Kontrol <i>Driver</i> PWM Baterai 2
Pin 6 (PWM Output)	• Kontrol <i>Driver</i> PWM Baterai 3
Pin 5 (PWM Output)	• Kontrol <i>Driver</i> PWM Baterai 4
Pin 3 (PWM Output)	• Kontrol <i>Driver</i> PWM Baterai 5
Pin 2 (Digital Output)	• Indikator LED Baterai 1
Pin 4 (Digital Output)	• Indikator LED Baterai 2
Pin 7 (Digital Output)	• Indikator LED Baterai 3
Pin 8 (Digital Output)	• Indikator LED Baterai 4
Pin 11 (Digital Output)	• Indikator LED Baterai 5
Pin 12 (Digital Output)	• Indikator LED Proteksi
Pin A0 (Analog Input)	• Sensor Arus <i>Output</i> Baterai 1
Pin A1 (Analog Input)	• Sensor Arus <i>Output</i> Baterai 2
Pin A2 (Analog Input)	• Sensor Arus <i>Output</i> Baterai 3
Pin A3 (Analog Input)	• Sensor Arus <i>Output</i> Baterai 4
Pin A4 (Analog Input)	• Sensor Arus <i>Output</i> Baterai 5
Pin A10 (Analog Input)	• Sensor Tegangan <i>Output</i> Baterai 1
Pin A11 (Analog Input)	• Sensor Tegangan <i>Output</i> Baterai 2
Pin A12 (Analog Input)	• Sensor Tegangan <i>Output</i> Baterai 3
Pin A13 (Analog Input)	• Sensor Tegangan <i>Output</i> Baterai 4
Pin A14 (Analog Input)	• Sensor Tegangan <i>Output</i> Baterai 5
Pin A15 (Analog Input)	• Sensor Tegangan <i>Input Supply</i>

3.3 Perancangan Rangkaian *Driver* MOSFET dan Pembangkitan Sinyal PWM

Program pembangkitan sinyal PWM menggunakan mikrokontroler (Arduino Mega2560) yang akan digunakan untuk men-*switch* saklar (MOSFET) pada konverter. Pada pengujian kinerja mikrokontroler dibutuhkan supply DC yang akan menjadi sumber dari Arduino Mega dan kabel penghubung serta *oscilloscope* yang digunakan untuk melihat sinyal PWM yang dibangkitkan, apakah sinyal yang sudah

dibangkitkan sudah sesuai dengan yang diinginkan. Langkah awal untuk pembangkitan sinyal PWM ini diaplikasikan pada perancangan *driver* MOSFET, dengan *driver* MOSFET magnitude dari tegangan PWM akan mendekati nilai VCC yang digunakan pada rangkaian *driver* tersebut. Rangkaian *driver* MOSFET pada penelitian ini menggunakan transistor NPN tipe BC547 dan beberapa resistor. Berikut rangkaian *driver* MOSFET yang digunakan.



Gambar 3.3 Rangkaian *Driver* MOSFET

Dari rangkaian *driver* diatas dilakukan pembuatan program untuk membangkitkan sinyal PWM dari arduino untuk mentrigger *base* transistor untuk keluaran *collector* ke *gate* MOSFET.

3.4 Perancangan *Buck Converter 5 Channel*

Buck converter pada penelitian ini digunakan sebagai regulator tegangan keluaran *battery charger* untuk *supply* pengisian beberapa baterai. *buck converter* yang didesain ini menggunakan beberapa *port output* sehingga beberapa baterai tersebut dapat secara sekaligus di *charge* pada waktu yang bersamaan.

Tabel 3.2 Parameter Perhitungan *Buck Converter Lima channel*

Tegangan masukan ($V_{in_{min}}$)	24 V
Tegangan masukan ($V_{in_{max}}$)	30 V
Arus output (I_{out})	2 A
Tegangan keluaran (V_{out})	15 V
Frekuensi switching (f_s)	31372.55 Hz
Ripple Tegangan (V)	1 %

Dari data yang telah ditetapkan pada tabel atas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari setiap komponen yang digunakan.

a. Duty Cycle

Untuk menentukan nilai dari *duty cycle* pada *buck converter* digunakan persamaan sebagai berikut.

$$D_{max} = \frac{V_{out}}{V_{out} - V_{in(max)}} = \frac{-15}{-15 - 30} = 0.30$$

$$\text{Atau } V_{out} = -V_{in} \left[\frac{D_{max}}{1 - D_{max}} \right]$$

$$-15 = -30 \left[\frac{D_{max}}{1 - D_{max}} \right]$$

$$0.5 = 1.5 D_{max}$$

$$D_{max} = 0.30$$

Dan untuk *duty cycle minimum* sebagai berikut.

$$D_{min} = \frac{V_{out}}{V_{out} - V_{in(min)}} = \frac{-15}{-15 - 24} = 0.38$$

$$\text{Atau } V_{out} = -V_{in} \left[\frac{D_{min}}{1 - D_{min}} \right]$$

$$-15 = -24 \left[\frac{D_{min}}{1 - D_{min}} \right]$$

$$0.625 = 1.625 D_{min}$$

$$D_{min} = 0.38$$

b. Menentukan Nilai Induktor

Untuk mendapatkan nilai induktor yang sesuai pada alat yang direncanakan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$L_{min} = \frac{(1 - D_{min})R}{2f_s} = \frac{(1 - 0.38) \times 10}{2 \times 31372.55} = 9.88 \times 10^{-5} \text{ H} = 98 \text{ uH}$$

$$L_{max} = \frac{(1 - D_{max})R}{2f_s} = \frac{(1 - 0.30) \times 10}{2 \times 31372.55} = 1.11 \times 10^{-4} \text{ H} = 111 \text{ uH}$$

Sehingga pada perancangan ini digunakan nilai induktor tetap untuk keseluruhan sebesar 100 uH.

c. Menentukan Nilai Kapasitor

Untuk menentukan nilai kapasitor pada rancangan *buck converter* digunakan persamaan berikut.

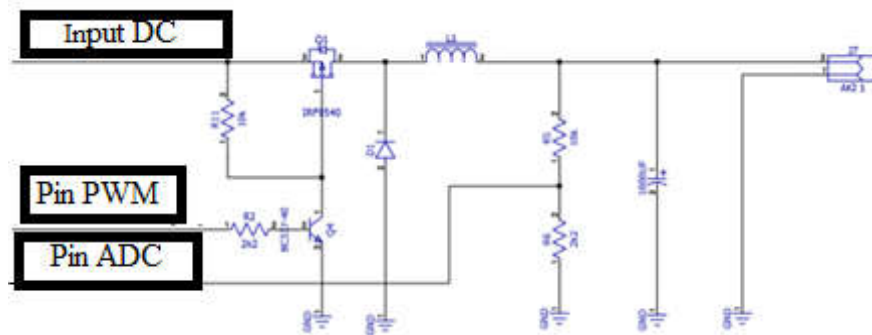
$$C = \frac{V_o(1-D)}{8L\Delta V_{OFS2}}, \text{ dengan } V = 1\% \text{ dari } V_{out} = 1\% \text{ of } 15 = 0.15$$

Sehingga, $C_{min} = \frac{V_o(1-D_{min})}{8L\Delta V_o f_s^2} = \frac{15(1-0.38)}{8 \times 100 \mu H \times 0.15 \times (31372.55 \times 31372.55)} = 7.87 \times 10^{-5} \text{ F} = 78 \mu\text{F}$

Dan $C_{max} = \frac{V_o(1-D_{max})}{8L\Delta V_o f_s^2} = \frac{15(1-0.3)}{8 \times 100 \mu H \times 0.15 \times (31372.55 \times 31372.55)} = 8.89 \times 10^{-5} \text{ F} = 88 \mu\text{F}$

Berdasarkan perhitungan diatas nilai kapasitor tersebut tidak ada dipasaran sehingga digunakan kapasitor dengan nilai sebesar 100 μF , angka lebih besar ini agar mendapatkan bentuk tegangan gelombang tegangan yang lebih baik, karena kapasitor mampu menekan *ripple* tegangan yang terjadi.

Pengaturan tegangan pada rangkaian *buck converter* ini terletak pada pengaturan *duty cycle* sinyal PWM MOSFET yang diberikan. Berikut pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 merupakan rangkaian dan implementasi *buck converter* yang dirancang.



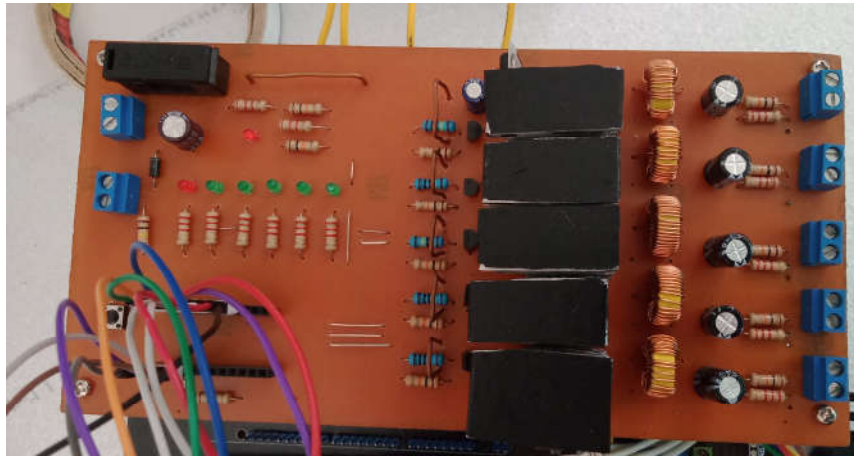
Gambar 3.4 Skematik Rangkaian *Buck Converter*

Dari penentuan *variable* dan perhitungan diatas, digunakan beberapa komponen *aktif* maupun *pasif* untuk menunjang skematik yang telah dirancang diantaranya ialah

- MOSFET Tipe P-Channel 9640
- Dioda MIC 10 A
- Transistor NPN BC547
- Kapasitor 100 μF
- Induktor 100 μH
- Resistor 1 $\text{M}\Omega$ dan Resistor 10 $\text{k}\Omega$

Setelah itu dilakukan perancangan dari sistem *buck converter* secara keseluruhan dan penambahan indikator LED serta sensor tegangan pada sisi *input* maupun sisi

output (lampiran). Gambar 3.5 merupakan hasil implementasi sistem *buck converter* 5 channel secara keseluruhan.

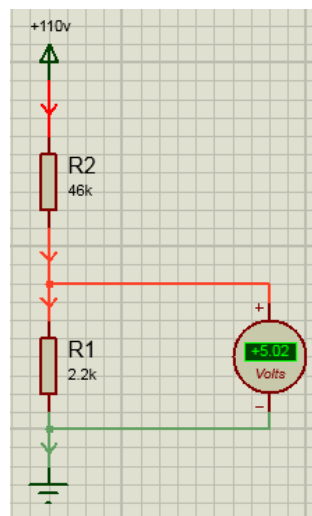


Gambar 3.5 Implementasi *Buck Converter* 5 channel

3.5 Perancangan Sensor Tegangan dan Sensor Arus

a. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang akan digunakan diharapkan dapat mendeteksi tegangan baterai *lead acid* sebesar 12 Volt pada masing-masing baterai ketika proses *charging*. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut digunakanlah sensor tegangan DC berupa *voltage divider*. Hal ini dikarenakan parameter tegangan yang diukur tidak terlalu besar.



Gambar 3.6 Implementasi Sensor Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya menggunakan prinsip penekanan resistansi yaitu dibuat menggunakan 2 buah resistor untuk menurunkan tegangan maksimum 110V menjadi 5V dengan perbandingan nilai resistor 21:1, yaitu dengan resistor bernilai 46K dan 2.2K. Tahanan efektif dari kedua resistor seri ini adalah $R_2 + R_1$. Jatuh tegangan pada gabungan kedua resistor ini adalah V_{in} , menurut Hukum Ohm arus yang mengalir adalah :

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

Tegangan pada R_2 menjadi :

$$V_{out} = I \times R_2$$

Mensubstitusikan I dengan persamaan pertama, menghasilkan :

$$V_{out} = \frac{V_{in} \times R_2}{(R_1 + R_2)}$$

Persamaan ini adalah persamaan untuk menghitung tegangan output yang dihasilkan oleh sebuah rangkaian pembagi tegangan. Dengan memilih dua buah resistor dengan nilai tahanan yang sesuai, kita dapat memperoleh nilai tegangan *output* manapun didalam kisaran 0 V hingga V_{in} .

b. Sensor Arus



Gambar 3.7 Implementasi Sensor Arus ACS712 5A

Sensor yang akan digunakan diharapkan dapat mendeteksi besaran arus yang mengalir ke masing-masing baterai *lead acid* pada saat proses pengisian. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut digunakanlah sensor arus ACS 712 5A dikarenakan nilai arus yang akan dideteksi tidak lebih dari 5 A. Sensor ini bekerja berdasarkan efek medan magnet dan dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC.