

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini dijabarkan mengenai tinjauan pustaka yang telah didapatkan guna menunjang pengerjaan tugas akhir ini.

2.1 *DC-DC Converter*

DC-DC Converter adalah rangkaian elektronika yang memiliki masukan tegangan DC dan keluaran tegangan DC. *DC-DC Converter* lebih dikenal dengan sebutan regulator tegangan DC karena memiliki kemampuan meningkatkan atau menurunkan tegangan DC (Kircioglu, 2016).

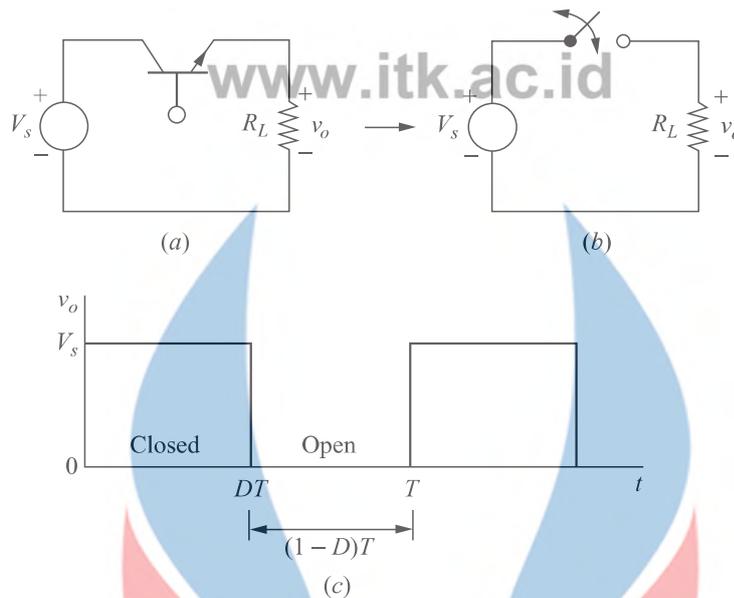
Terdapat dua jenis metode yang digunakan untuk mengubah nilai tegangan keluaran dari *DC-DC converter*, yaitu tipe linier dan tipe penyaklaran (*switching*). Pada tipe linier, nilai tegangan keluaran diatur dengan mengatur nilai arus basis pada transistor. Nilai arus yang mengalir ke beban akan berubah sesuai dengan perubahan arus pada basis transistor. Perkalian antara arus beban dengan resistansi beban inilah yang menjadi nilai tegangan keluaran *DC-DC converter* (Hart, 2010).

2.2 Dasar *Switching Converter*

Rangkaian alternatif untuk regulator dengan efisiensi yang lebih baik dapat digunakan rangkaian *switching converter*. Untuk rangkaian dasar *switching* pada konverter dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Pada Gambar 2.1 digunakan transistor sebagai *electronic switch* yang dapat dibuka atau ditutup, sehingga hanya ada 2 keadaan yaitu *saturasi* dan *cutoff*. Rangkaian ini juga biasa disebut *DC Chopper*.

Diasumsikan bahwa *switch* dalam keadaan ideal, apabila *switch* ditutup maka tegangan keluaran sama dengan tegangan masukan, sedangkan apabila *switch* dibuka maka tidak ada tegangan keluaran. Dapat disimpulkan bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan akan berbentuk pulsa seperti pada Gambar 2.1 (c).



Gambar 2.1 (a) Rangkaian dasar konverter ;(b) *Switching equivalent* ;(c) *Output voltage* (Hart, 2010)

Besaran rata-rata atau komponen DC dari tegangan keluaran dapat diturunkan dari persamaan 2.1 berikut:

$$V_{out} = \frac{1}{T} \int_0^T V_{in}(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{DT} V_{in} dt = V_{in} \cdot D \quad (2.1)$$

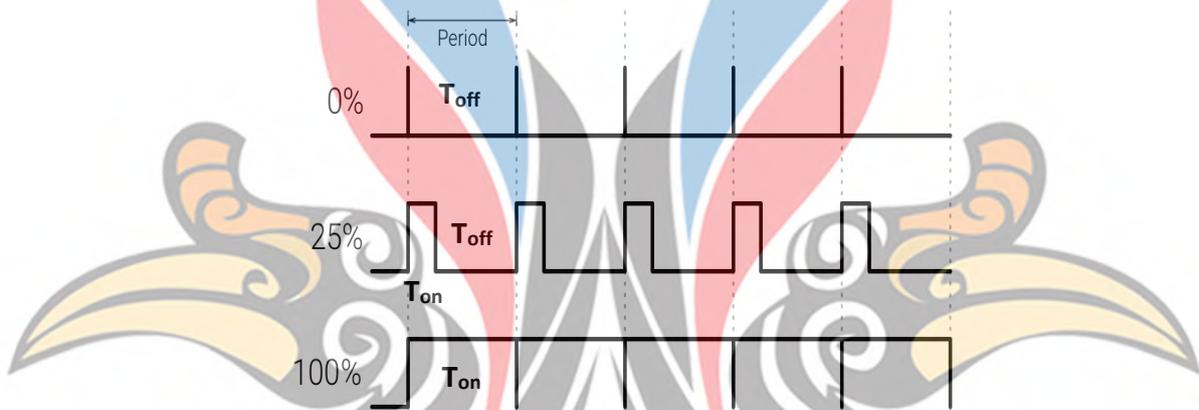
Dari persamaan 2.9 Dapat dilihat jika tegangan keluaran DC bisa diatur besar dan kecilnya dengan menyesuaikan parameter D . D merupakan *duty cycle* yaitu rasio antara lamanya waktu *switch* ditutup (T_{on}) dengan periode T dari pulsa tegangan keluaran, atau (lihat Gambar 2.1) dan perhitungan nilai D dapat dilihat pada persamaan 2.2.

Switch yang ideal memiliki daya nol. Saat *switch open*, maka tidak ada arus yang mengalir. Sedangkan saat *switch closed*, tidak ada tegangan yang melewatinya. Dengan demikian seluruh daya diserap oleh beban dan efisiensi energinya adalah 100%. Namun pada kenyataannya akan terjadi hilangnya sebagian daya yang dikarenakan tegangan yang melewati *switch* tidak bernilai nol saat *switch closed* (Hart, 2010).

2.3 Pulse Width Modulation (PWM)

PWM adalah suatu metode modulasi pengaturan tegangan dengan mengubah atau mengatur periode ON (T_{on}) pada tegangan yang berfrekuensi tetap atau sama (Peddapelli, 2017). Pada Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa siklus kerja ini didapatkan dari perbandingan antara lamanya tegangan pada nilai maksimum (T_{on}) dengan lamanya tegangan pada nilai minimum atau nol (T_{off}) dan biasa disebut *duty cycle* (D). Untuk menentukan besarnya *duty cycle* digunakan persamaan 2.2 (Hart, 2010).

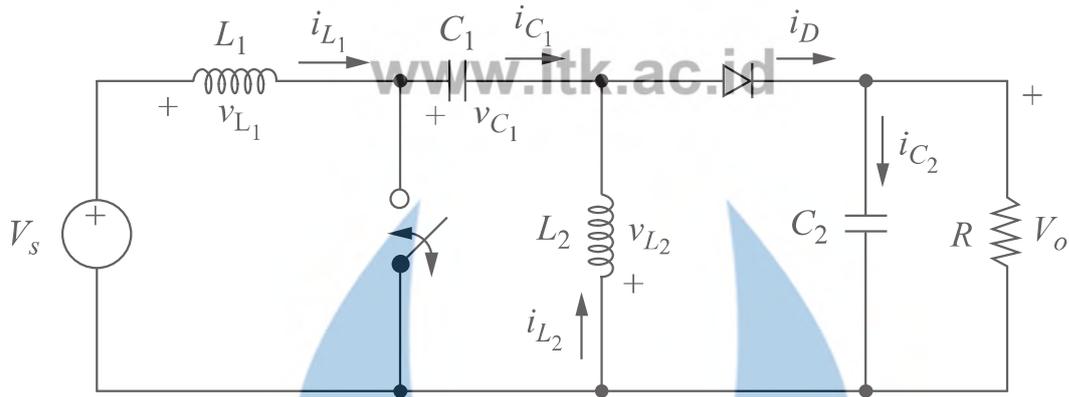
$$Duty\ cycle\ (D) = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} = \frac{T_{on}}{T} = T_{on} \cdot F \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Tampilan Sinyal PWM (Peddapelli, 2017)

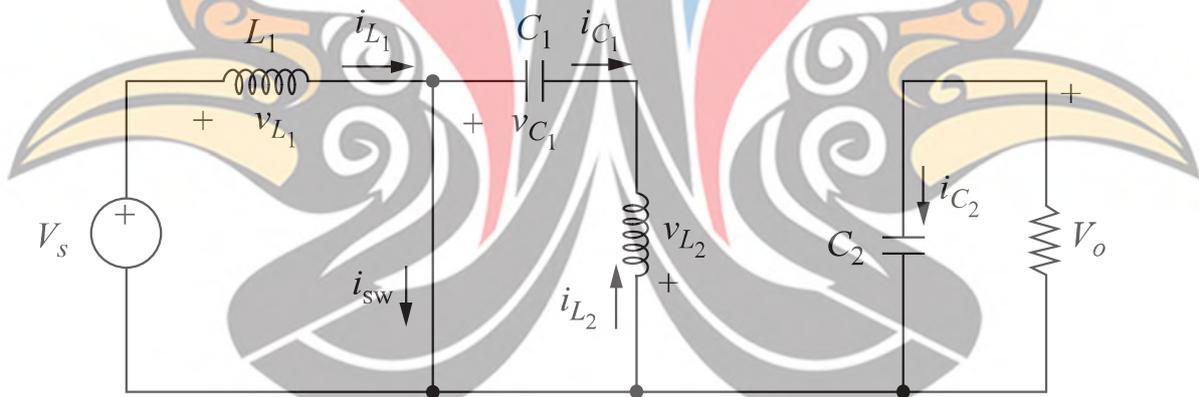
2.4 The Single-Ended Primary Inductance Converter (SEPIC)

SEPIC converter merupakan salah satu dari jenis *DC-DC converter*, *sepic converter* merupakan konverter elektronika daya dengan masukan tegangan DC dan keluaran tegangan DC ketika nilai tegangan keluarannya bisa lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan sumbernya. Sama seperti *buck boost converter*, dan *cuk converter*, hanya saja keluarannya ada pembalikan polaritas seperti *buck boost converter*, dan *cuk converter*. Konverter ini termasuk ke dalam konverter tipe peralihan (*switching*) yang bekerja dengan membuka dan menutup saklar elektronik. Konverter ini menggunakan 2 induktor, dioda, 2 kapasitor dan MOSFET atau IGBT yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Rangkaian *sepic converter* ditunjukkan seperti Gambar 2.3.

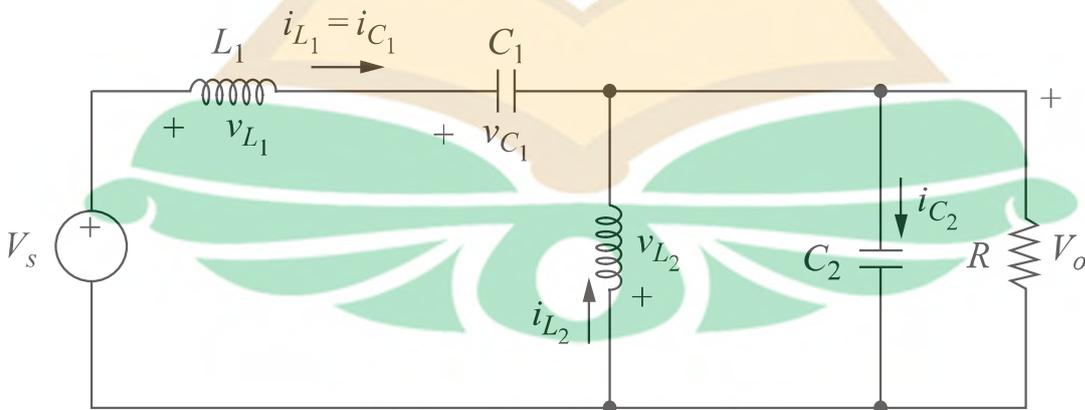


Gambar 2.3 Rangkaian *Sepic Converter* (Hart, 2010)

Sepic converter memiliki dua kondisi penyaklaran, yaitu pada saat saklar tertutup (*ON*) dan saat saklar terbuka (*OFF*). *Sepic converter* pada kondisi saklar tertutup maka diode akan terbuka seperti pada Gambar 2.4, dan pada kondisi saklar terbuka diode akan terhubung seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Rangkaian *Sepic Converter* Ketika Saklar Tertutup (Hart, 2010)



Gambar 2.5 Rangkaian *Sepic Converter* Ketika Saklar Terbuka (Hart, 2010)

Bentuk rangkaian *sepic converter* terlihat pada Gambar 2.3. Untuk mendapatkan hubungan tegangan masukan dan keluaran, digunakan beberapa asumsi awal yaitu:

- Nilai induktansi kedua induktor sangat besar dan arus yang melewatinya konstan.
- Nilai kapasitansi kedua kapasitor sangat besar dan tegangan pada kapasitor tersebut konstan.
- Rangkaian dioperasikan dalam kondisi *steady-state* (bentuk gelombang arus dan tegangan berulang).
- Untuk sebuah *duty cycle* (D), saklar tertutup untuk waktu DT dan terbuka untuk $(1-D)T$.
- Saklar dan dioda ideal

Hukum *Kirchoff* tegangan di sekitar jalur yang terdapat V_s , L_1 , C_1 , dan L_2 , maka

$$-V_s + v_{L1} + v_{C1} - v_{L2} = 0 \quad (2.3)$$

Dengan menggunakan rata-rata dari tegangan persamaan 2.3, maka

$$-V_s + 0 + v_{C1} - 0 = 0 \quad (2.4)$$

Menunjukkan bahwa tegangan rata-rata pada kapasitor C_1 adalah

$$v_{C1} = V_s \quad (2.5)$$

Ketika saklar tertutup, dioda *off*, dan rangkaian terlihat seperti pada Gambar 2.4. Besar tegangan pada L_1 untuk interval DT adalah

$$v_{L1} = V_s \quad (2.6)$$

Ketika saklar terbuka, dioda *on*, dan rangkaian terlihat seperti pada Gambar 2.5. Hukum *Kirchoff* tegangan di jalur terluar rangkaian adalah

$$-V_s + v_{L1} + v_{C1} + V_o = 0 \quad (2.7)$$

Dengan mengasumsikan tegangan pada C_1 tetap konstan pada nilai rata-rata V_s pada persamaan 2.5, maka

$$-V_s + v_{L1} + V_s + V_o = 0 \quad (2.8)$$

www.itk.ac.id

atau

$$v_{L1} = -V_o \quad (2.9)$$

Untuk interval $(1 - D)T$. Saat tegangan rata-rata pada sebuah induktor adalah nol untuk operasi berulang, persamaan 2.6 dan persamaan 2.9 digabung untuk mendapatkan

$$(v_{L1,sw_closed})(DT) + (v_{L2,sw_open})(1 - D)T = 0 \quad (2.10)$$

$$V_s(DT) - V_o(1 - D)T = 0 \quad (2.11)$$

Dengan D adalah *duty cycle* dari saklar. Hasilnya adalah

$$V_o = V_s \left(\frac{D}{1 - D} \right) \quad (2.12)$$

yang dapat juga tuliskan sebagai

$$D = \frac{V_o}{V_o + V_s} \quad (2.13)$$

Dengan mengasumsikan tidak ada rugi-rugi pada konverter, daya yang tersuplai dari sumber adalah sama dengan daya yang diserap beban ($P_s = P_o$). Daya yang tersuplai dari sumber DC adalah (Kaouane, 2015).

$$P_s = V_s I_s = V_s I_{L1} \quad (2.14)$$

Sedangkan daya keluaran pada dapat dituliskan sebagai

$$P_o = V_o I_o \quad (2.15)$$

menghasilkan

$$V_s I_{L1} = V_o I_o \quad (2.16)$$

Penyelesaian untuk arus rata-rata induktor, yang juga merupakan arus rata-rata sumber, maka

www.itk.ac.id

$$I_{L1} = I_s = \frac{V_o I_o}{V_s} = \frac{V_o^2}{V_s R} \quad (2.17)$$

Variasi di dalam I_{L1} ketika saklar tertutup didapat dari

$$v_{L1} = V_s = L_1 \left(\frac{di_{L1}}{dt} \right) = L_1 \left(\frac{\Delta i_{L1}}{\Delta t} \right) = L_1 \left(\frac{\Delta i_{L1}}{DT} \right) \quad (2.18)$$

Sehingga, besarnya nilai induktor L_1 yang dipilih adalah

$$L_1 = \frac{V_s DT}{\Delta i_{L1}} = \frac{V_s D}{\Delta i_{L1} f} \quad (2.19)$$

Dengan f adalah frekuensi penyaklaran yang dipakai.

Untuk L_2 , arus rata-rata ditentukan dari Hukum *Kirchoff* Arus pada titik dimana C_1 , L_2 , dan dioda terhubung.

$$i_{L2} = i_D - i_{C1} \quad (2.20)$$

Arus dioda adalah $i_D = i_{C2} + I_o$ yang membuat

$$i_{L2} = i_{C2} + I_o - i_{C1} \quad (2.21)$$

Arus rata-rata pada setiap kapasitor adalah nol, sehingga arus rata-rata pada L_2 adalah

$$I_{L2} = I_o \quad (2.22)$$

Variasi didalam i_{L2} ditentukan dari rangkaian ketika saklar tertutup. Dengan menggunakan Hukum Kirchoff Tegangan pada jalur saklar yang tertutup, C_1 , dan L_2 dengan tegangan pada C_1 diasumsikan adalah V_s yang konstan, maka

$$v_{L2} = v_{C1} = V_s = L_2 \left(\frac{di_{L2}}{dt} \right) = L_2 \left(\frac{\Delta i_{L2}}{\Delta t} \right) = L_2 \left(\frac{\Delta i_{L2}}{DT} \right) \quad (2.23)$$

Sehingga, besarnya nilai induktor L_2 yang digunakan adalah

www.itk.ac.id

$$L_2 = \frac{V_s DT}{\Delta i_{L2}} = \frac{V_s D}{\Delta i_{L2} f} \quad (2.24)$$

Hukum *Kirchoff* Tegangan diaplikasikan untuk menentukan nilai C_1 dan C_2 yang diperlukan. Pada Gambar 2.5, diasumsikan tidak ada tegangan pada kapasitor, maka tegangan pada saklar ketika open adalah $V_s + V_o$. Dari Gambar 2.4, tegangan reverse bias dioda ketika off juga $V_s + V_o$. Bagian keluaran terdiri dari dioda, C_2 , dan resistor beban yang sama seperti *boost converter*, sehingga tegangan riak keluaran adalah

$$\Delta V_o = \Delta V_{C2} = \frac{V_o D}{RC_2 f} \quad (2.25)$$

Sehingga, nilai kapasitor C_2 yang diperlukan adalah

$$C_2 = \frac{D}{R(\Delta V_o/V_o) f} \quad (2.26)$$

Variasi tegangan C_1 ditentukan dari rangkaian ketika saklar tertutup Gambar 2.4. Arus kapasitor i_{C1} berlawanan dengan i_{L2} , yang sebelumnya telah ditentukan mempunyai nilai rata-rata dari I_o . Dari definisi kapasitansi dan memikirkan besarnya muatan,

$$\Delta V_{C1} = \frac{\Delta Q_{C1}}{C} = \frac{I_o \Delta t}{C} = \frac{I_o DT}{C} \quad (2.27)$$

Kemudian mengganti I_o dengan V_o/R , maka didapatkan besarnya C_1 yang diperlukan adalah

$$C_1 = \frac{D}{R(\Delta V_{C1}/V_o) f} \quad (2.28)$$

Untuk menentukan beberapa komponen seperti induktor, kapasitor dioda dan MOSFET pada *sepic converter* diperlukan beberapa persamaan yaitu (Zhang, 2013):

2.4.1 Perhitungan Duty Cycle

Penentuan *duty cycle* pada kondisi ideal telah dijelaskan pada persamaan 2.13, dengan mempertimbangkan *drop* tegangan pada dioda dan rangkaian sehingga didapatkan

$$D = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \quad (2.29)$$

duty cycle saat kondisi maksimal dapat tuliskan

$$D_{max} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in(max)} + V_{out} + V_D} \quad (2.30)$$

duty cycle saat kondisi minimum dapat tuliskan

$$D_{max} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in(max)} + V_{out} + V_D} \quad (2.31)$$

2.4.2 Perhitungan Nilai Induktor

Penentuan nilai induktansi untuk memungkinkan arus riak puncak-ke-puncak menjadi sekitar 40% dari arus input maksimum pada tegangan input minimum. Arus riak yang mengalir dalam induktor nilai yang sama L_1 dan L_2 diberikan oleh (Zhang, 2013):

$$\Delta I_L = I_{in} \times 40\% = I_{out} \times \frac{V_{out}}{V_{in(min)}} \times 40\% \quad (2.32)$$

Dimana ΔI_L merupakan arus riak pada induktor. Setelah didapatkan nilai arus riak, nilai induktor bisa diketahui. Arus riak pada induktor 1 dan induktor 2 diasumsikan sama, maka sesuai persamaan 2.19 dan persamaan 2.24

$$L_1 = L_2 = I_{out} \times \frac{V_{in(min)}}{\Delta I_L \times f_s} \times D_{max} \quad (2.33)$$

Arus puncak pada induktor dapat diketahui dengan persamaan 2.34 dan persamaan 2.35

$$I_{L1(peak)} = I_{out} \times \frac{V_{out} + V_D}{V_{in(min)}} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \quad (2.34)$$

$$I_{L2(peak)} = I_{out} \times \left(1 + \frac{40\%}{2}\right) \quad (2.35)$$

2.4.3 Perhitungan Lilitan Induktor Toroid

Nilai induktansi telah dihitung pada persamaan 2.33. Nilai induktansi ini dipengaruhi oleh dimensi, permeabilitas, dan jumlah lilitan pada induktor toroid. Jumlah lilitan pada induktor toroid untuk menghasilkan nilai induktansi yang diinginkan dapat dicari dengan (Silver, 2008)

$$N = 1000 \sqrt{\frac{L(mH)}{A_L(mH/1000turns)}} \quad (2.36)$$

Dimana N merupakan jumlah lilitan, L merupakan nilai induktansi dalam satuan mH dan A_L merupakan induktansi indeks dalam mH per 1000 lilitan.

2.4.4 Perhitungan MOSFET

MOSFET dapat ditentukan dengan mengetahui spesifikasi dari MOSFET tersebut dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yaitu tegangan puncak *switching* sama dengan tegangan masukan ditambah tegangan keluaran *sepic converter*. Sehingga didapat diketahui tegangan puncak dengan menggunakan persamaan 2.36 (Zhang, 2013):

$$V_{Q1(peak)} = V_{in(max)} + V_{out(max)} \quad (2.37)$$

Arus puncak *switching* dapat diketahui dengan menambahkan persamaan 2.34 dan persamaan 2.35, dapat dituliskan

$$I_{Q1(peak)} = I_{L1(peak)} + I_{L2(peak)} \quad (2.38)$$

Arus RMS yang melalui *switching* dapat diketahui dengan

$$I_{Q1(rms)} = I_{out} \sqrt{\frac{(V_{out} + V_{in(min)} + V_D) \times (V_{out} + V_D)}{V_{in(min)}^2}} \quad (2.39)$$

Disipasi daya pada MOSFET dapat diketahui dengan

$$P_{Q1} = I_{Q1(RMS)}^2 \times R_{DS(ON)} \times D_{max} + (V_{in(min)} + V_{out}) \times I_{Q1(peak)} \times \frac{Q_{GD} \times f_s}{I_G} \quad (2.40)$$

2.4.5 Perhitungan Dioda

Penentuan dioda dipilih berdasarkan kemampuan dioda menangani arus puncak dan tegangan balik. Arus puncak dioda sama dengan arus puncak *switching* $I_{Q1(peak)}$. Sehingga arus puncak dioda dapat dituliskan (Zhang, 2013):

$$I_{RD1(peak)} = I_{Q1(peak)} = I_{L1(peak)} + I_{L2(peak)} \quad (2.41)$$

Tegangan balik yang harus ditahan dioda dapat dituliskan

$$V_{RD1} = V_{in(max)} + V_{out(max)} \quad (2.42)$$

2.4.6 Perhitungan Nilai Kapasitor

Untuk menentukan kapasitor yang digunakan harus diperhatikan nilainya karena apabila kapasitor yang digunakan terlalu kecil maka proses pengisian dayanya semakin cepat, begitu sebaliknya jika kapasitor yang digunakan terlalu besar maka proses pengisian akan lambat (Falin, 2008).

Penentuan nilai kapasitor dapat diketahui dengan mengetahui terlebih dahulu arus RMS yang ada pada kapasitor dengan menggunakan persamaan 2.43 (Zhang, 2013):

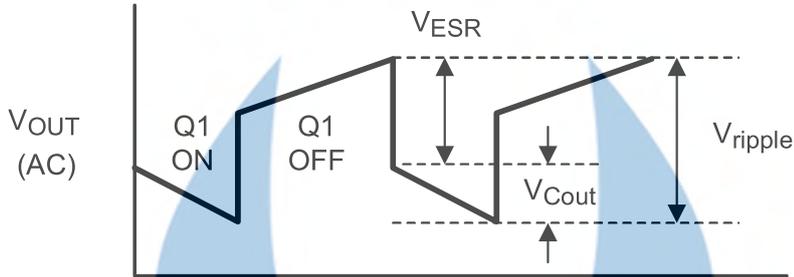
$$I_{C1(RMS)} = I_{C2(RMS)} = I_{out} \times \sqrt{\frac{V_{out} + V_D}{V_{in(min)}}} \quad (2.43)$$

Kapasitor C_1 diasumsikan mempunyai ESR, sehingga dengan menggunakan persamaan 2.28 dengan mengganti V_{out}/R dengan I_{out} , maka

$$C_1 \geq \frac{I_{out} \times D_{max}}{\Delta V_C \times 0,5 \times f_s} \quad (2.44)$$

ESR, ESL, dan kapasitansi massal kapasitor keluaran langsung mengatasi riak keluaran (Zhang, 2013). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, asumsikan

setengah dari riak disebabkan oleh ESR dan setengah lainnya disebabkan oleh jumlah kapasitansi.



Gambar 2.6 Tegangan Riak Keluaran (Zhang, 2013).

Sehingga,

$$ESR \leq \frac{\Delta V_C \times 0,5}{I_{L1(peak)} + I_{L2(peak)}} \quad (2.45)$$

jadi,

$$C_2 \geq \frac{I_{out} \times D_{max}}{\Delta V_C \times 0,5 \times f_s} \quad (2.46)$$

2.4.7 Menentukan Efisiensi Daya

Konverter DC yang ideal dapat ditentukan dari hubungan antara daya masukan dan daya keluaran dengan menggunakan persamaan 2.14 dan 2.15. Hubungan antara daya masukan dan daya keluaran dapat ditentukan sebuah nilai efisiensi dari *sepic converter* menggunakan persamaan 2.47

$$Efisiensi (\%) = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \times 100\% \quad (2.47)$$

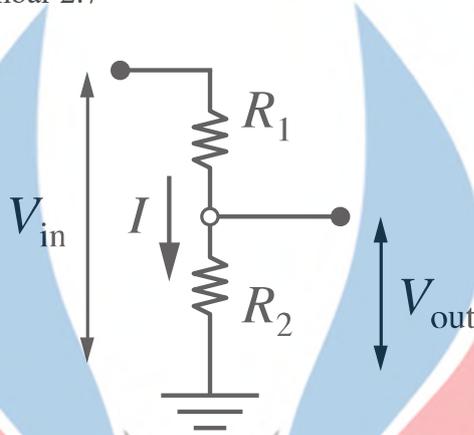
2.5 Rangkaian Sensor Tegangan

Rangkaian Sensor tegangan menggunakan dua teori yaitu teori rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) dan rangkaian *buffer* (*voltage follower*).

2.5.1 Pembagi Tegangan (*Voltage Divider*)

Resistor sering digunakan untuk mengontrol aliran arus. Teori ini dapat diaplikasikan menjadi potensiometer. Potensiometer bekerja berdasarkan prinsip pembagi tegangan yang dapat diatur. Potensiometer untuk pengaturan tegangan

biasa dipakai sebagai kontrol volume atau level pada radio, TV, dan perangkat lainnya (Alexander, 2013). Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor yang diseri ke sumber. Rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Rangkaian Pembagi Tegangan (Alexander, 2013)

Pada Gambar 2.7 rangkaian pembagi tegangan dapat diketahui arus yang mengalir dengan menggunakan Hukum Kirchoff dimana,

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \quad (2.48)$$

Tegangan pada R_2 dapat diketahui dengan

$$V_{out} = I \times R_2 \quad (2.48)$$

dengan mengubah I pada persamaan 2.49 dengan persamaan 2.48, maka dapat dituliskan (Tooley, 2002).

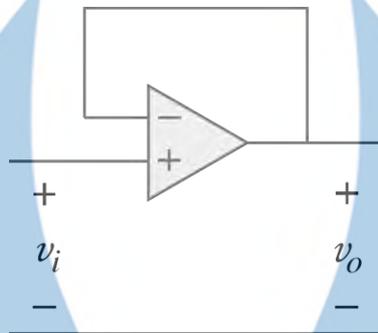
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (2.50)$$

Persamaan 2.50 akan digunakan untuk sebagai dasar pembuatan rangkaian sensor tegangan.

2.5.2 Voltage Follower (Buffer)

Rangkaian *Buffer* atau biasa juga disebut *voltage follower* adalah rangkaian

dengan penguatan satu. Diantara masukan dan keluaran terdapat isolasi impedansi. Keluaran dari op amp terhubung pada masukan *inverting* dan tegangan masukan dihubungkan pada masukan *non inverting* (Alexander, 2013).



Gambar 2.8 Rangkaian *Buffer* (Alexander, 2013)

Rangkaian ini memiliki impedansi input yang sangat tinggi dan karena itu berguna sebagai penguat tahap-menengah (atau *buffer*) untuk mengisolasi satu sirkuit dari sirkuit lainnya (Alexander, 2013). Hambatan umpan balik sama dengan nol sehingga besarnya penguatan sama dengan 1 atau dapat dituliskan dengan

$$V_{out} = V_{in} \quad (2.51)$$

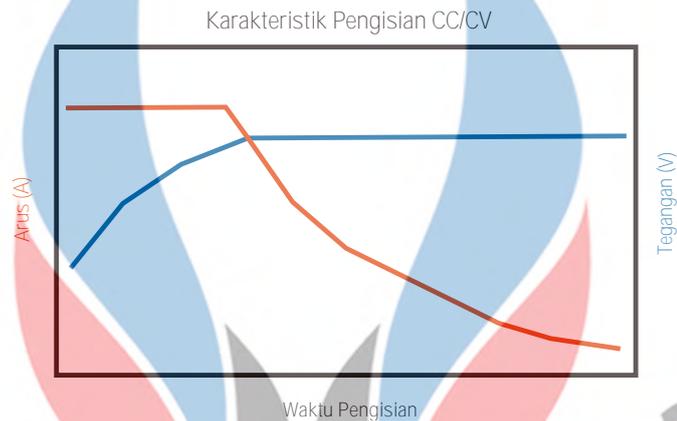
2.1 Metode Pengisian Daya Baterai

Terdapat beberapa metode pengisian daya baterai yang sering digunakan untuk rangkaian *charging*. Metode-metode pengisian daya baterai diantaranya metode arus konstan, metode tegangan dan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode penggabungan keduanya yaitu metode arus konstan dan tegangan konstan.

2.6.1 *Constant-current Constant-voltage (CC/CV)*

Metode arus konstan dan tegangan konstan digunakan untuk mengisi daya *Lithium* dan beberapa baterai lain yang rentan terhadap kerusakan jika batas tegangan atas terlampaui. Tingkat pengisian arus konstan yang ditentukan pabrik adalah tingkat pengisian maksimum yang dapat ditoleransi baterai tanpa merusak baterai. Tindakan pencegahan khusus diperlukan untuk memaksimalkan tingkat

pengisian dan untuk memastikan bahwa baterai terisi penuh sementara pada saat yang sama menghindari pengisian yang berlebihan. Untuk alasan ini, disarankan agar metode pengisian beralih ke tegangan konstan sebelum tegangan sel mencapai batas atasnya. Perhatikan bahwa ini menyiratkan bahwa pengisi daya untuk sel harus mampu mengendalikan arus pengisian dan tegangan baterai (Garche, 2013).



Gambar 2.9 Kurva Karakteristik CC/CV (Garche, 2013)

Untuk mempertahankan laju pengisian arus konstan yang ditentukan, tegangan pengisian harus meningkat bersamaan dengan voltase sel untuk mengatasi EMF belakang sel saat terisi. Ini terjadi cukup cepat selama mode arus konstan hingga batas tegangan sel tercapai, setelah titik tegangan pengisian dipertahankan pada tingkat itu, yang dikenal sebagai tingkat mengambang, selama mode tegangan konstan. Selama periode tegangan konstan ini, arus berkurang menjadi muatan menetes saat muatan mendekati penyelesaian. *Cutoff* terjadi ketika titik arus minimum yang telah ditentukan, yang menunjukkan muatan penuh, telah tercapai (Garche, 2013).

2.2 Arduino Nano

Arduino Nano memiliki bentuk fisik seperti Gambar 2.10



Gambar 2.10 Arduino Nano

Arduino Nano adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328P. Arduino Nano ini berdasarkan *datasheet* mempunyai 14 pin digital *input/output* (6 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 8 *input* analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, dan sebuah tombol reset.

2.7.1 Spesifikasi Arduino Nano

Berikut spesifikasi dari Arduino Nano berdasarkan *datasheet* yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Pengoperasian	5 V
Tegangan <i>input</i> yang disarankan	7-12 V
Batas tegangan <i>input</i>	6-20 V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 untuk keluaran PWM)
Jumlah pin <i>input</i> analog	8
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3 V	50 mA
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Arduino Nano dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Arduino Nano memiliki pin-pin daya, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Vin. Tegangan *input* ke *board* Arduino Nano ketika *board* sedang menggunakan sumber suplai eksternal.
2. 5V. Pin *output* ini merupakan tegangan 5 Volt yang diatur dari *regulator* pada *board*. *Board* dapat disuplai dengan salah satu suplai dari, USB *connector* (5V), atau pin Vin dari *board* (7-12).
3. 3,3 V. Sebuah suplai 3,3 Volt dihasilkan oleh *regulator* pada *board*. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.
4. GND. Pin *ground*.
5. AREF. Pin ini menyediakan tegangan referensi sesuai dengan yang mikrokontroler operasikan.

2.3 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2 merupakan gambaran dari penelitian terdahulu yang memiliki keterkaitan dari penelitian yang akan digunakan.

Tabel 2.2 Tabel Penelitian Terdahulu

Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Hasil
Kaouane, 2015	<i>Design of a Synchronous SEPIC DC-DC Converter for a Stand-alone Photovoltaic System</i>	-Vin :18 V -Vout : 12 V -Hasil: Konverter ini mempertahankan tegangan output konstan yang dapat meningkatkan efisiensi sistem fotovoltaik.
Poornima, 2017	<i>Design and Simulation of Interleaved SEPIC Converter for Photo voltaic Applications</i>	-Vin : 20 V -Vout : 110 V -Hasil: Desain konverter ini dapat diterapkan ke aplikasi daya yang lebih tinggi dengan memilih komponen daya yang tepat.
Verma, 2018	<i>Hardware Design of SEPIC Converter and its Analysis</i>	-Vin :10 V -Vout : 12 V -Hasil : Implementasi Perangkat Keras dari <i>SEPIC converter</i> menunjukkan bahwa ia menyediakan output non-inverted tidak seperti konverter Cuk.
Baliwant, 2019	<i>Hardware Implementation of DC-DC SEPIC Converter for Applications of Renewable Energy Using PWM Based Charge Controller</i>	-Vin : 5-30 V -Vout : 12 V -Hasil : Dengan menggunakan implementasi perangkat keras, melakukan operasi sistem yang diajukan. Juga pada kondisi lingkungan dan mengubah beban, <i>SEPIC converter</i> memberikan tegangan keluaran konstan

Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Hasil
Ramadhani, 2020	<i>Implementasi Rangkaian SEPIC Converter sebagai Regulator Tegangan DC untuk Pengisian Catu Daya</i>	<p>-Vin : 9-18 V -Vout : 13,6 V -Hasil: Nilai efisiensi rata-rata <i>sepic converter</i> hasil simulasi saat beban 12 Ω , 47 Ω , dan 100 Ω secara berturut-turut adalah sebesar 95,247%, 96,1% dan 95,841%. Sementara efisiensi <i>sepic converter</i> pada pengujian alat saat beban 12 Ω , 47 Ω , dan 100 Ω secara berturut-turut adalah sebesar 66,324%, 87,577% dan 85,733%.</p>

