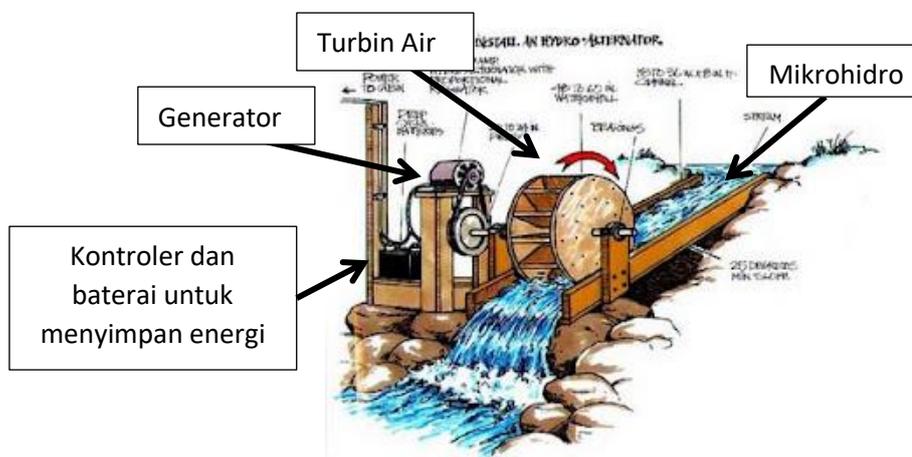


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro atau PLTMH merupakan salah satu klasifikasi dari pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik tenaga air berskala kecil yang memanfaatkan energi potensial dan energi kinetik dari air untuk menghasilkan listrik. Hasil dari energi listrik yang dibangkitkan ini biasa disebut sebagai hidroelektrik. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Dari segala teknologi, PLTMH dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, sedangkan biaya investasinya cukup bersaing dengan pembangkit listrik lainnya.



Gambar 2.1 Skema pembangkit listrik tenaga mikrohidro

(Sumber : <https://indonesiabertanam.com/2015/11/01/energi-terbarukan-merancang-pembangunan-pembangkit-listrik-tenaga-micro-hidro-pltmh/>)

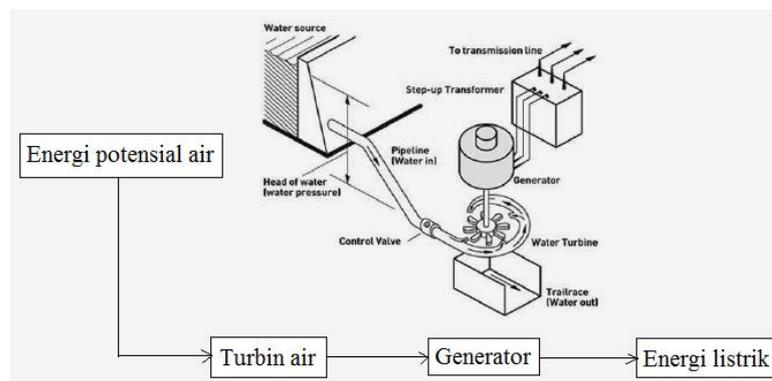
Pada gambar 2.1 merupakan skema pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Secara teknis pembangkit listrik tenaga mikrohidro memiliki empat

komponen utama, yaitu air sebagai sumber energi, turbin sebagai pengubah

energi potensial atau kinetik menjadi energi mekanik, generator sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik, dan kontroler serta baterai sebagai penyimpan energi listrik yang dibangkitkan.

2.1.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro [4]

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air yang ada pada saluran irigasi, sungai, atau air terjun. Aliran air yang bertekanan (dihasilkan dari tinggi jatuh atau dorongan dari *nozzle*) menciptakan gaya yang memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya akan memutar generator yang menghasilkan listrik. Semakin tinggi jatuh atau semakin besar kecepatan aliran air akan menghasilkan putaran generator dan listrik yang besar. Hubungan antara turbin dan generator dapat menggunakan jenis sambungan sabuk (*belt*). Pada as turbin maupun generator dipasang *pulley* dengan ukuran diameter yang disesuaikan sehingga terjadi hubungan antara turbin dan generator yang lebih efektif. Selanjutnya listrik yang dihasilkan oleh generator ini dikontrol melalui sistem *charger* baterai untuk disimpan dan akan didistribusikan ke rumah-rumah ataupun digunakan untuk kebutuhan listrik lainnya. Yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah PLTMH adalah menyesuaikan besarnya generator yang digunakan dengan kebutuhan listrik dan jumlah debit air yang tersedia.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

(Sumber : <https://www.kajianpustaka.com/2016/10/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html>)

Gambar 2.2 merupakan penjelasan dari prinsip kerja sebuah pembangkit listrik tenaga mikrohidro di mana air yang memiliki energi potensial atau kinetik akan menggerakkan turbin air dan menghasilkan suatu energi mekanik yang dikonversikan menjadi energi listrik oleh generator.

2.1.2 Struktur pada PLTMH

(Gunawan, 2013) terdapat 3 struktur utama pada alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Di antaranya adalah energi air, turbin air, dan generator.

2.1.2.1 Energi Air

Pada zaman perkembangan modern, kebutuhan hidup manusia sangat bergantung pada listrik dan air. Kedua energi ini memiliki manfaat yang sangat penting. Listrik dapat dihasilkan dari energi fosil, akan tetapi persediaan energi fosil akan semakin berkurang karena telah digunakan pada waktu yang panjang. Air dapat dijadikan energi terbarukan menggantikan energi fosil tersebut untuk membangkitkan tegangan listrik yang dihasilkan lewat putaran turbin dan generator. Energi air ini tersedia di mana saja dan jumlah debit yang tersedia tidak terbatas mengingat Indonesia merupakan negara maritim yaitu luas laut lebih besar dari luas daratan. Untuk memutar sebuah turbin air maka dibutuhkan air yang memiliki energi potensial ataupun energi kinetik. Air yang dibutuhkan dapat bersumber dari irigasi aliran sawah, saluran selokan, maupun dam yang dibendung secara buatan.



Gambar 2.3 Irigasi dan Bendungan dam

(Sumber : <https://www.radarbangka.co.id> dan <https://www.harapanrakyat.com>)

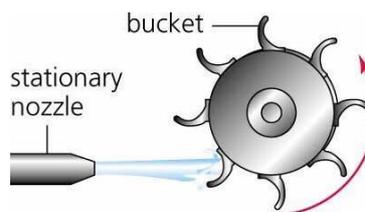
Pada laporan akhir ini sumber air berasal dari air dalam bak yang dipompa sehingga memiliki tekanan dan kecepatan aliran air untuk memutar turbin yang telah dirancang.

2.1.2.2 Turbin Air [6]

Turbin air adalah sebuah media yang mengubah energi dalam fluida yang mengalir menjadi energi mekanik dengan menggunakan mekanisme rotor. Struktur dasar turbin aliran dirancang untuk memungkinkan aliran fluida kontinu saat mengekstraksi energi. Prinsip kerja turbin air adalah gaya jatuh ataupun air bertekanan yang mendorong baling-baling sehingga menyebabkan turbin berputar. Hasil dari putaran turbin ini menyebabkan generator berputar sehingga menghasilkan tegangan baik AC maupun DC tergantung generator yang digunakan. Berdasarkan metode pengubahan energi fluida menjadi energi mekanik, turbin dikelompokkan ke dalam 2 jenis, yaitu turbin impulse dan turbin reaksi.

A. Turbin Impuls

Turbin impuls merubah arah dari aliran fluida berkecepatan tinggi menghasilkan putaran impuls dari turbin dan penurunan energi kinetik dari aliran fluida. Tidak ada perubahan tekanan yang terjadi pada fluida, penurunan tekanan terjadi di *nozzle*.

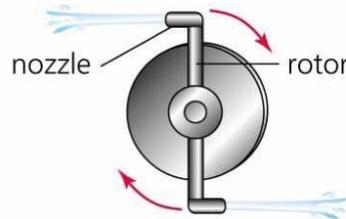


Gambar 2.4 Prinsip Kerja Turbin Impuls

Air bertekanan yang keluar pada *nozzle* memiliki kecepatan tinggi dan diarahkan sehingga membentur *bucket* turbin. Setelah membentur *bucket*, arah kecepatan aliran fluida berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibatnya roda turbin akan berputar. Contoh dari turbin impuls adalah turbin pelton. Pada Tugas Akhir ini turbin yang digunakan adalah Turbin Pelton.

B. Turbin Reaksi

Turbin reaksi disebut dengan turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin.



Gambar 2.5 Prinsip Kerja Turbin Reaksi

Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk ke roda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air ke saluran pembuangan. Contoh dari jenis turbin reaksi adalah turbin *francis*, turbin *propeller* atau *kaplan*.

2.1.2.3 Generator [5]

Generator listrik merupakan alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanikal, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal dengan pembangkit listrik. Sumber energi mekanik dapat berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin atau kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan dan sumber energi lain yang menghasilkan gerakan.

Generator tersusun dari rotor dan stator. Rotor adalah bagian yang berputar yang mempunyai bagian yang terdiri dari poros, inti, kumparan, cincin geser dan sikat-sikat. Sedangkan stator adalah bagian yang tidak berputar (diam) yang mempunyai bagian terdiri dari rangka stator yang merupakan salah satu bagian utama generator yang terbuat dari besi tuang dan ini merupakan rumah dari semua bagian-bagian generator, kutub utama beserta belitannya, kutub-kutub pembantu beserta belitannya, dan bantalan-bantalan poros.

Pada laporan akhir ini digunakan generator DC yang menghasilkan output tegangan maupun arus searah. Prinsip kerja dari generator DC menggunakan

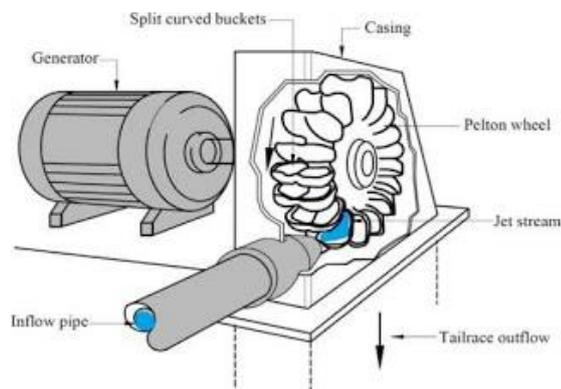
hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang pada penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan berbentuk gaya gerak listrik. Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator DC diperoleh melalui komutator sehingga menghasilkan tegangan DC.

2.2 Turbin Air Pelton [6]

Turbin Pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari suatu alat yang disebut dengan *nozzle*. Turbin Pelton adalah salah satu jenis turbin air yang efisien. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping.

2.2.1 Komponen – komponen Turbin Air [6]

Agar turbin air dapat bekerja dengan baik, berikut adalah komponen-komponen yang terdapat pada turbin air, dapat dilihat pada gambar 2.6 komponen yang terdapat pada *water turbine pelton*.



Gambar 2.6 Komponen pada Turbin Air Pelton

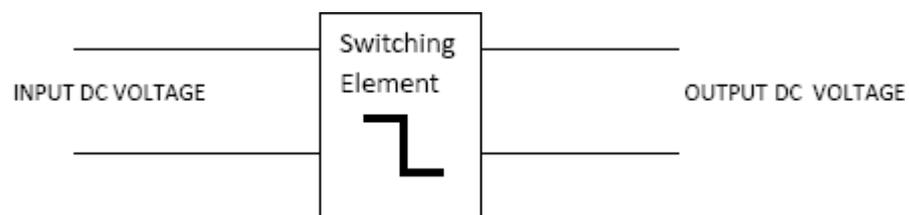
(Sumber : <http://www.tulisanazat.blogspot.com>)

- a. *Casing* : Sebuah wadah yang berfungsi untuk mencegah pancaran air keluar dan untuk mengarahkan air menuju ke saluran pembuangan.

- b. *Generator* : Pembangkit listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator yang digunakan tergantung kebutuhan, baik itu generator AC maupun DC.
- c. *Inflow pipe* : Sebuah pipa tempat masuknya aliran air. Dapat menggunakan selang agar lebih fleksibel.
- d. *Jet stream* : aliran air fluida yang bertekanan dan kecepatan tinggi untuk memutar sudu turbin.
- e. *Pelton wheel* : roda pelton yaitu bagian yang berputar pada turbin.
- f. *Split curved buckets* : sebuah sudu melengkung yang dibentuk simetris agar dapat bekerja efisien dalam mendorong roda pelton untuk berputar. Dapat menggunakan besi sebagai bahan utama.
- g. *Tailrace outflow* : Saluran pembuangan air yang sudah digunakan. Air ini menuju wadah atau bak untuk dipompa lagi menuju *inflow pipe*.

2.3 DC-DC Converter

Dc-dc converter merupakan rangkaian elektronika power untuk mengubah suatu masukan tegangan dc menjadi tegangan dc keluaran dengan nilai yang lebih besar atau kecil dari tegangan masukan. Pada perkembangannya penerapan *dc-dc converter* telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi sebagai sumber energi yang berukuran kecil, di mana tegangan keluarannya dapat bervariasi sesuai kebutuhan [2]. Pada tugas akhir ini, rangkaian *dc-dc converter* yang akan dibahas merupakan *switched-mode dc-dc converter* atau yang biasa disebut dengan *switching power supply*. Hingga saat ini, berbagai konfigurasi *dc-dc converter* telah banyak dikembangkan, diantaranya adalah jenis *dc-dc converter* yang tidak memiliki isolasi dielektrik antara tegangan masukan dan keluaran, atau biasa disebut sebagai *non-isolated dc-dc converter*.

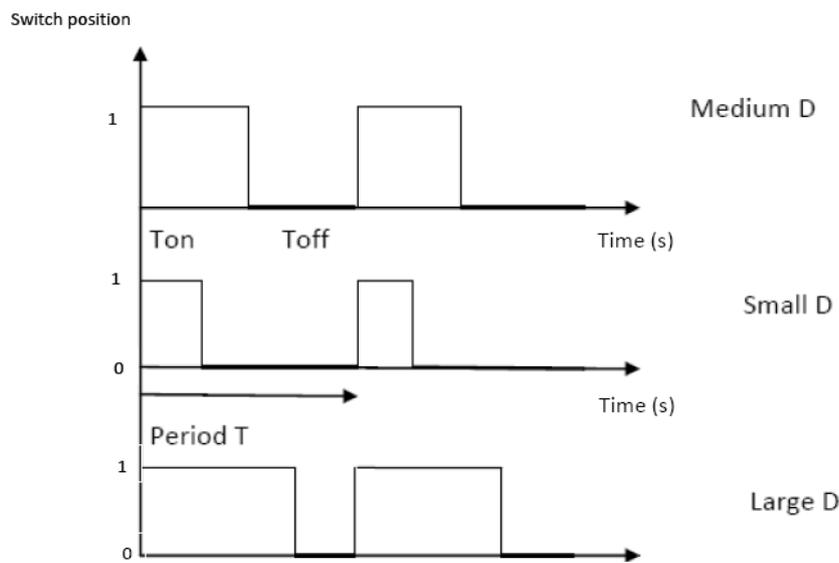


Gambar 2.7 Dc-dc Converter [2]

Dasar dari *switching power supply* terdiri dari tiga topologi yaitu *buck* (*step down*), *boost* (*step up*), dan *buckboost* (*step up / down*). ketiga rangkaian dasar *switching power supply* ini merupakan *non-isolated dc-dc converter* di mana masukan dan keluaran dengan *grounding* yang sama. Pada dasarnya ada dua cara untuk meregulasi teganga pada *switching power supply*, yaitu dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) dan *Pulse Frequency Modulation* (PFM) [2].

- *Pulse Width Modulation* (PWM)

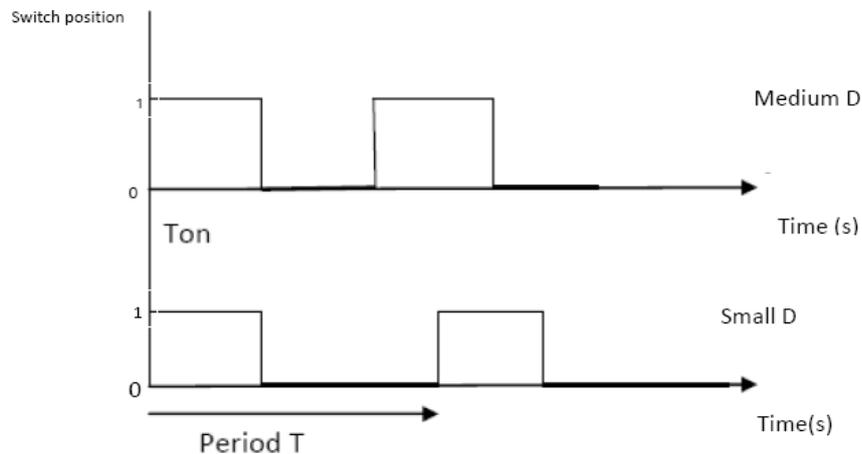
Merupakan suatu metode pengaturan tegangan dengan mengubah atau mengatur periode ON (T_{on}) pada tegangan berfrekuensi dengan periode frekuensi yang tetap atau sama. Siklus kerja ini didapatkan dari perbandingan antara lamanya tegangan pada nilai maksimum (T_{on}) dengan lamanya tegangan pada nilai minimum atau nol (T_{off}) dan biasa disebut *duty cycle* (D).



Gambar 2.8 Pulse Width Modulation [2]

- *Pulse Frequency Modulation* (PFM)

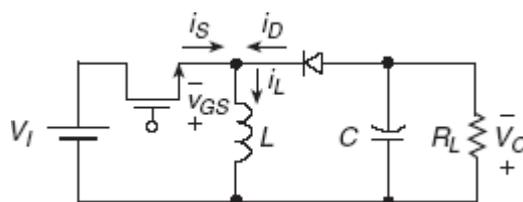
Merupakan suatu metode pengaturan tegangan dengan menjaga T_{on} tetap konstan dan periode *switching* (T) dibuat variable terlihat pada gambar 2.9. kelemahan menggunakan metode ini salah satunya adalah sulitnya untuk mendesain LC filter yang sangat tepat.



Gambar 2.9 Pulse Frequency Modulation [2]

2.3.1 Buck-Boost Converter [7]

Sistem *buckboost* konverter merupakan salah satu regulator dc tipe *switching non-isolated* yang dapat menjawab kebutuhan akan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran yang variabel. Dengan sistem *buckboost* konverter, nilai tegangan keluaran dapat diatur untuk lebih besar maupun lebih kecil dari nilai tegangan masukannya dengan mengatur besar lebar pulsa (*duty cycle*) dari PWM (*Pulse Width Modulation*). Karena itu, dibandingkan dengan regulator dc tipe pensaklaran lainnya, *buckboost* konverter memiliki range tegangan keluaran yang lebih lebar.



Gambar 2.10 Rangkaian dasar *buckboost converter*

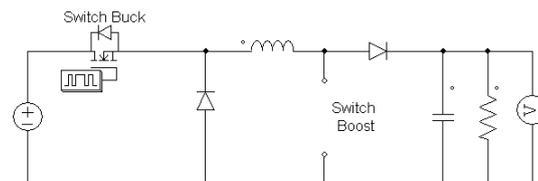
Rangkaian dasar *buckboost converter* terdiri dari power Mosfet sebagai *switching* komponen, induktor (L), dioda, kapasitor filter (C) dan resistor sebagai beban (R_L). Mosfet power yang digunakan bertipe P-channel dengan ($-V_{DS}$) dan $V_{GS(ON)}$ untuk men-*drive* Mosfet sesuai dengan *duty cycle* PWM. Keuntungan penggunaan Mosfet tipe P-channel adalah mudah dalam perancangan *driver*-nya karena tidak dibutuhkan keadaan *floating*. Parameter yang harus diperhatikan dalam pemilihan Mosfet adalah V_{DS} , I_D (bernilai kecil untuk mengurangi

hilangnya daya pada mosfet) , $R_{DS(ON)}$ dan frekuensi kerja maksimumnya yang harus memenuhi dari spesifikasi yang kita butuhkan sehingga kerja dari rangkaian *buckboost converter* dapat maksimal. Induktor digunakan sebagai filter untuk mengurangi ripple arus. Sedangkan kapasitor digunakan sebagai filter untuk mengurangi ripple tegangan. Dioda digunakan sebagai komponen *switching* yang bekerja pada keadaan switch open, sehingga arus tetap mengalir ke induktor.

Pada pembahasan ini, penulis akan memodifikasi sebuah rangkaian *buck boost converter* dengan tegangan sumber searah yang variabel menjadi tegangan keluaran yang stabil. Apabila tegangan sumber lebih kecil dari tegangan keluaran yang diinginkan maka rangkaian akan bekerja pada mode *boost*. Sebaliknya apabila tegangan sumber lebih besar dari tegangan keluaran yang diinginkan maka rangkaian akan bekerja pada mode *buck*. Ketika tegangan masukan stabil atau mendekati dengan tegangan keluaran yang diinginkan maka rangkaian akan bekerja pada mode *buck-boost*.

Mode Buck

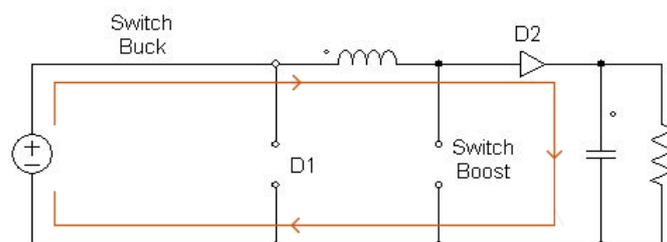
Pada mode *buck* , *switch buck* akan mendapat sinyal *switching* dari PWM1, sedangkan *switch boost* mendapat sinyal *switching* PWM2 dengan nilai *duty cycle* (D) = 0, sehingga *switch boost* akan *open*.



Gambar 2.11 Rangkain *Buck Boost Converter Mode Buck*

Pada mode ini analisis rangkaian terbagi menjadi dua, analisis *switch* tertutup dan terbuka.

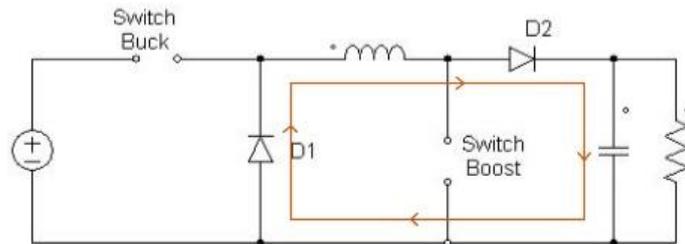
1. Analisis *switch* tertutup



Gambar 2.12 Analisis *switch* tertutup (mode *buck*)

Analisis *switch* tertutup pada mode *buck*, ketika *switch buck* kondisi ON (**close**) sedangkan Dioda 1 bekerja *reverse-bias* dan Dioda 2 bekerja *forward-bias*, sehingga arus akan mengisi induktor sekaligus menyuplai beban.

2. Analisis *switch* terbuka

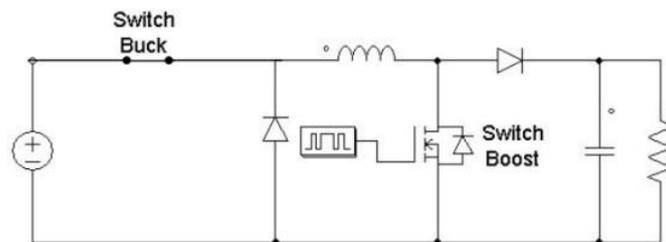


Gambar 2.13 Analisis *switch* terbuka (mode *buck*)

Analisis *switch* terbuka ketika *switch buck* *open* maka Dioda 1 dan Dioda 2 bekerja *forward-bias*, arus yang tersimpan di induktor akan menyuplai beban (*discharging*).

Mode Boost

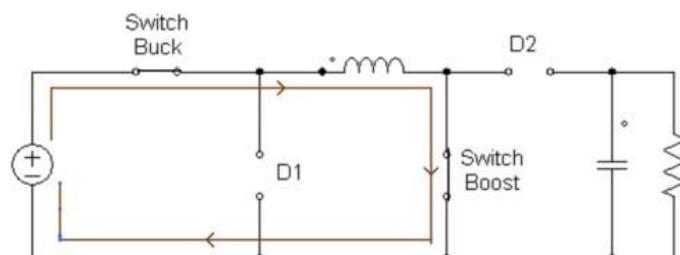
Pada mode *boost*, *switch boost* mendapat sinyal *switching* PWM2 dan *switch buck* mendapat sinyal PWM1 (*duty cycle* = 1) dan selalu **close**.



Gambar 2.14 Rangkaian *Buckboost Converter* Mode *Boost*

Pada mode *boost* ini analisis rangkaian terbagi menjadi dua, yaitu analisis *switch* tertutup dan analisis *switch* terbuka.

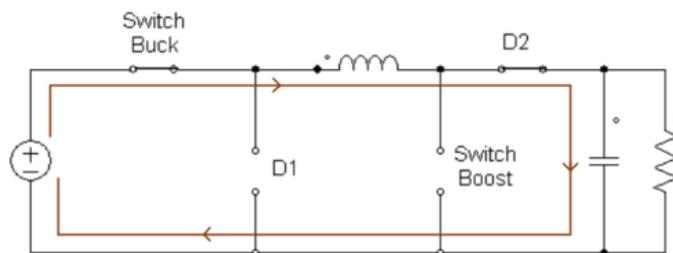
1. Analisis *switch* tertutup



Gambar 2.15 Analisis *switch* tertutup (mode *boost*)

Analisis *switch* tertutup pada mode *boost*, ketika *switch boost* pada kondisi ON (**close**), maka Dioda 1 dan Dioda 2 bekerja *reverse-bias*, sehingga arus akan mengisi induktor. Polaritas induktor pada sisi kiri lebih positif dibandingkan sisi kanannya.

2. Analisis *switch* terbuka

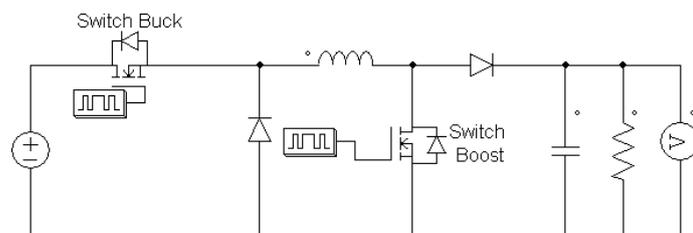


Gambar 2.16 Analisis *switch* terbuka (mode *boost*)

Analisa *switch* terbuka ketika *Switch boost open* maka D1 bekerja *reverse bias* dan D2 bekerja *forward-bias*, arus yang tersimpan di induktor akan berkurang karena impedansi yang lebih tinggi. Berkurangnya arus pada induktor menyebabkan induktor tersebut membalik polaritasnya (lebih negatif dari sisi kiri) sehingga arus yang mengalir pada dioda dan pada beban adalah penjumlahan antara arus pada sumber dan arus pada induktor. Disaat yang bersamaan kapasitor akan melakukan penyimpanan energi dalam bentuk tegangan. *Boost Converter* memiliki luaran lebih tinggi dibandingkan tegangan *input*.

Mode Buck-Boost

Pada mode *buck-boost*, *switch buck* dan *switch boost* mendapat sinyal *switching* PWM1 dan PWM2.

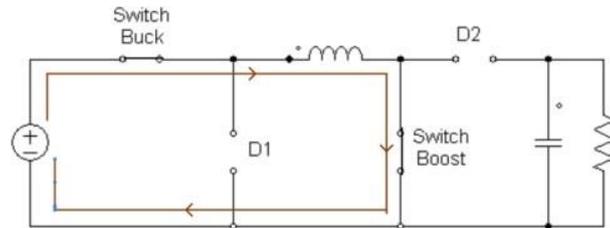


Gambar 2.17 Rangkaian *buckboost converter* (mode *buck-boost*)

Prinsip kerja rangkaian mode *buck-boost* ini dibagi menjadi dua, yaitu

analisis *switch* tertutup dan *switch* terbuka.

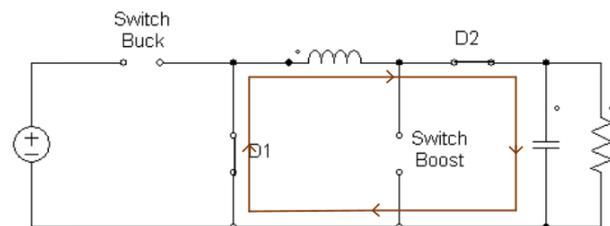
1. Analisis *switch* tertutup



Gambar 2.18 Analisis *switch* tertutup (mode *buck-boost*)

Gambar 2.18 menunjukkan rangkaian *buck-boost* dengan analisa *switch* tertutup dimana *switch buck* dan *Switch boost* ON (*closed*). Hal ini menyebabkan dioda 1 dan dioda 2 bekerja *reverse-bias* sehingga arus akan mengisi induktor L (*charging*) dan arus induktor (I_L) naik sampai arus maksimum dari induktor.

2. Analisis *switch* terbuka



Gambar 2.19 Analisis *switch* terbuka (mode *buck-boost*)

Gambar 2.19 menunjukkan rangkaian *buck-boost* dengan analisa *switch* terbuka dimana *switch buck* dan *switch boost* OFF (*open*). Sehingga kedua dioda bekerja *forward-bias* dan arus yang tersimpan pada induktor L akan menyuplai ke beban (*discharging*).

2.4 Rumus Perhitungan

Berikut rumus-rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan dan analisis data yang diperoleh dari unjuk kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

2.4.1 Nilai *Duty Cycle Mode Buck*

Nilai *duty cycle mode buck* dapat dihitung dengan menggunakan rumus perbandingan antara tegangan *output* yang dihasilkan dengan tegangan *input* yang diberikan. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$D = \frac{V_{out}}{V_{in}} \times 100\% \quad (2.1)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

D : *Duty Cycle* (%)

V_{out} : Tegangan *Output* (V)

V_{in} : Tegangan *Input* (V)

2.4.2 Nilai *Duty Cycle Mode Boost*

Nilai *duty cycle mode boost* dapat dihitung dengan menggunakan rumus nilai penguatan yaitu sebagai berikut.

$$|G| = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (2.2)$$

Dengan keterangan sebagai berikut :

G : *Gain* (Kali)

V_{out} : Tegangan *Output* (V)

V_{in} : Tegangan *Input* (V)

2.4.3 Efisiensi Sistem *Charging Baterai*

Efisiensi yang dihitung pada laporan akhir ini adalah pada saat melakukan sistem *charging* baterai 12 volt dengan mempertimbangkan durasi pengisian pada baterai tersebut , rumus untuk mencari efisiensi seabgai berikut :

$$Efisiensi = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100\% \quad \text{atau} \quad Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.3)$$

dengan :

Efisiensi : Efisiensi daya (%)

V_{out} : Tegangan *output buck-boost converter* (Volt)

I_{out} : Arus *output buck-boost converter* (A)

V_{in} : Tegangan *input generator* (Volt)

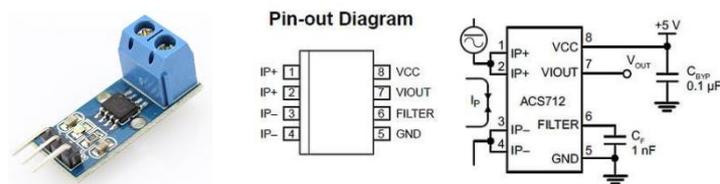
I_{in} : Arus *output* generator (A)

P_{out} : daya yang dihasilkan oleh generator (watt)

P_{in} : daya yang dihasilkan oleh *buck-boost converter* (watt)

2.5 Sensor Arus [8]

ACS712 5A adalah sensor arus yang digunakan pada tugas akhir ini, sensor arus ini bekerja berdasarkan pada efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC maupun DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Gambar 2.19 merupakan bentuk fisik dari modul sensor ACS712 5A.



Gambar 2.20 Sensor ACS712 5A

Berdasarkan gambar 2.19, maka tabel 2.1 menjelaskan tentang konfigurasi pin pada sensor ACS 712 5A.

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Sensor Arus

No. Pin	Nama	Keterangan
1 dan 2	IP +	Pin positif untuk mendeteksi arus
3 dan 4	IP -	Pin negatif untuk mendeteksi arus
5	GND	Pin Ground
6	<i>Filter</i>	Pin untuk kapasitor eksternal yang digunakan menentukan <i>bandwidth</i>
7	Vout	Arus keluaran yang dihitung
8	VCC	Tegangan power supply 5 V

Spesifikasi Sensor Arus ACS712-05B :

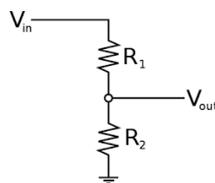
- Berbasis ACS712-05B dengan fitur :
 - Waktu kenaikan perubahan luaran = 5µs.
 - Lebar frekuensi sampai dengan 80kHz.

- Total kesalahan luaran 1,5% pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 - Tahanan konduktor internal $1,2\text{ m}\Omega$.
 - Sensitivitas luaran 100 mV/A .
 - Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A .
2. Beroperasi pada tegangan 5 VDC .
 3. Dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas luaran.

Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada di dalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan transducer medan secara berdekatan.

2.6 Sensor Tegangan [7]

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan output V_O dari tegangan sumber V_I menggunakan resistor pembagi tegangan R_1 dan R_2 seperti pada gambar 2.20



Gambar 2.21 Rangkaian dasar Pembagi Tegangan

Tahanan efektif dari kedua resistor seri ini adalah $R_1 + R_2$. Jatuh tegangan pada gabungan kedua resistor ini adalah V_{in} , menurut Hukum Ohm arus yang mengalir adalah

$$R_{th} = \frac{R_a}{R_a + R_b} \quad (1)$$

Untuk mencari nilai tegangan ADC pada mikrokontroler maka rumusnya sebagai

berikut :

$$V_{th} = R_{th} \times V_{in} \quad (2)$$

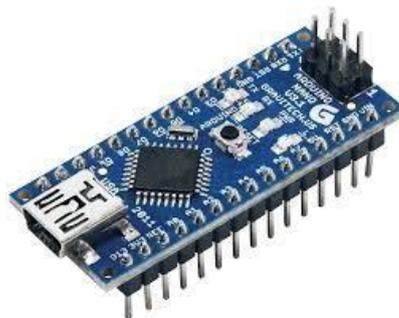
2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program di dalamnya. Terdiri dari CPU (*Central Processing Unit*), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter* (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari *mikrokontroler* ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran *board mikrokontroler* menjadi sangat ringkas.

Mikrokontroler tersusun dalam satu *chip* dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol sistem sehingga *mikrokontroler* dapat dikatakan sebagai komputer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem.

2.7.1 Arduino Nano [9]

Arduino merupakan sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembang, tetapi merupakan kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller*.



Gambar 2.22 Arduino Nano

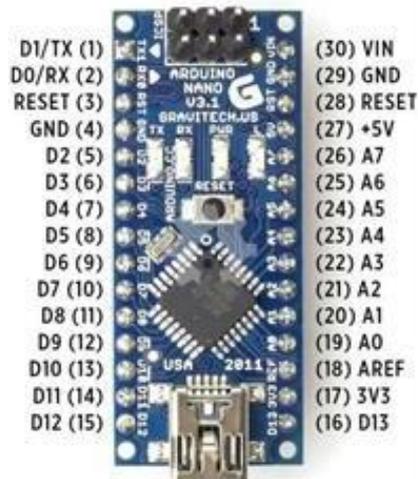
Arduino Nano adalah salah satu *board* mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard*. *Arduino Nano* diciptakan

dengan basis *microcontroller* ATmega328 (untuk *Arduino Nano* versi 3.x) atau ATmega 16 (untuk *Arduino Nano* versi 2.x). *Arduino Nano* kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan *Arduino Duemilanove*, tetapi dalam paket yang berbeda. *Arduino Nano* tidak menyertakan colokan DC berjenis *Barrel Jack*, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. *Arduino Nano* dirancang dan diproduksi oleh perusahaan *Gravitech*.

2.7.1.1 Konfigurasi Pin *Arduino Nano*

Arduino Nano memiliki 30 Pin. Berikut konfigurasi pin *Arduino Nano* :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital
2. GND merupakan pin *ground* untuk catu daya digital
3. AREF merupakan Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi `analogReference()`.
4. RESET merupakan Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama *Arduino*
5. Serial RX (0) merupakan pin sebagai penerima TTL data serial.
6. Serial TX (1) merupakan pin sebagai pengirim TT data serial.
7. External Interrupt (Interupsi Eksternal) merupakan pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubahan nilai.
8. Output PWM 8 Bit merupakan pin yang berfungsi untuk data `analogWrite()`.
9. SPI merupakan pin yang berfungsi sebagai pendukung komunikasi.
10. LED merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang diset bernilai HIGH, maka LED akan menyala, ketika pin diset bernilai LOW maka LED padam. LED Tersedia secara built-in pada papan *Arduino Nano*.
11. Input Analog (A0-A7) merupakan pin yang berfungsi sebagai pin yang dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan fungsi `analogReference()`.



Gambar 2.23 Konfigurasi Pin *Arduino Nano*

Tabel 2.2 Konfigurasi Pin *Arduino Nano*

Nomor Pin Arduino Nano	Nama Pin Arduino
1	Digital Pin 0 (TX)
2	Digital Pin 0 (RX)
3 & 28	Reset
4 & 29	GND
5	Digital Pin 2
6	Digital Pin 3 (PWM)
7	Digital Pin 4
8	Digital Pin 5 (PWM)
9	Digital Pin 6 (PWM)
10	Digital Pin 7
11	Digital Pin 8
12	Digital Pin 9 (PWM)
13	Digital Pin 10 (PWM-SS)
14	Digital Pin 11 (PWM-MOSI)
15	Digital Pin 12 (MISO)
16	Digital Pin 13 (SCK)
18	AREF

19	Analog Input 0
20	Analog Input 1
21	Analog Input 2
22	Analog Input 3
23	Analog Input 4
24	Analog Input 5
25	Analog Input 6
26	Analog Input 7
27	VCC
30	V _{in}

2.7.1.2 Spesifikasi *Arduino Nano*

Berikut ini adalah spesifikasi yang dimiliki oleh *Arduino Nano* :

1. Chip Mikrokontroler menggunakan ATmega328p atau Atmega168.
2. Tegangan operasi sebesar 5volt.
3. Tegangan input (yang disarankan) sebesar 7volt – 12 volt.
4. Terdapat pin digital I/O 14 buah dan 6 diantaranya sebagai output PWM.
5. 8 Pin Input Analog.
6. 40 Ma Arus DC per pin I/O
7. Flash Memory 16KB (Atmega168) atau 32KB (Atmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader.
8. 1 Kbyte SRAM (Atmega168) atau 2 Kbyte 32KB (Atmega328).
9. 512 Byte EEPROM (Atmega168) atau 1 Kbyte (Atmega328).
10. 16MHz Clock Speed.
11. Ukuran 1.85cm x 4.3cm.

2.8 *Liquid Crystal Display (LCD 20x4) dengan I2C [10]*

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah perangkat yang berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD tentunya sudah sangat banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti media elektronik televisi, kalkulator, atau layar komputer sekalipun.



Gambar 2.24 LCD *Character Display* 20x4 dengan modul I2C

LCD yang digunakan adalah LCD berukuran 20x4 karakter dengan tambahan *chip module* I2C untuk mempermudah *programmer* nantinya dalam mengakses LCD tersebut. Sebab dengan digunakannya modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin arduino yang akan digunakan, contohnya saja dengan menggunakan modul I2C maka hanya diperlukan 4 buah pin arduino, yaitu pin SCL, pin SDA, pin VCC dan pin GND.

2.8.1 Sistem dan Material LCD 20x4

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan segmen-segmen dan lapisan elektroda pada lapisan belakang LCD. Apabila elektroda LCD diaktifkan dengan sumber tegangan, molekul-molekul organik yang terdapat di dalam LCD akan menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen.

Lapisan LCD ini berlapis-lapis dan memiliki polizer cahaya vertikal depan dan polizer cahaya horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tersebut tidak dapat melewati molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi lebih gelap dan akan membentuk karakter yang kita inginkan.

2.8.2 Memori LCD 20x4

Dalam modul LCD (*Liquid Crystal Display*) di dalamnya terdapat mikrokontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter yang ada di dalam LCD. Mikrokontroller pada *display* ini dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroller *internal* LCD adalah:

- a. **DDRAM (Display Data Random Access Memory)** merupakan memori tempat menyimpan dan memproses karakter yang akan ditampilkan.
- b. **CGRAM (Character Generator Random Access Memory)** merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter yang dibentuk dapat diubah-ubah sesuai keinginan.
- c. **CGROM (Character Generator Read Only Memory)** merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter yang telah dirancang secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD, sehingga *user* hanya tinggal mengambilnya saja sesuai alamat memorinya dan tidak dapat mengedit karakter dasar yang terdapat dalam memori CGROM tersebut.

2.8.3 Register pada LCD 20x4

Ada 2 jenis register yang digunakan pada LCD untuk melakukan tugas kontrolnya sebagai pembentuk karakter diantaranya:

- a. **Register perintah** yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroller ke LCD pada saat proses penulisan data.
- b. **Register data** yaitu register untuk menuliskan atau membaca data menuju DDRAM tentunya dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

2.8.4 Konfigurasi Pin LCD 20x4

Berikut ini konfigurasi kaki-kaki LCD karakter 20x4 untuk menghubungkannya ke *board* arduino.

Tabel 2.3 Konfigurasi Pin LCD 20x4

Pin No.	Simbol	Keterangan
1	GND	Ground
2	VCC	Tegangan Sumber +5V
3	Vo	Pengaturan Pencerahan
4	RS	0 : Control Input, 1: Data Input
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable

7 - 14	D0 - D7	Data
15	VB1	Backlight +5V
16	VB0	Backlight Ground

2.8.5 I2C (*Inter Integrated Circuit*) [11]

Inter Integrated Circuit atau yang lebih dikenal dengan sebutan I2C adalah merupakan standar komunikasi serial dua arah dengan menggunakan dua buah saluran yang didesain khusus untuk pengontrolan IC tersebut. Secara garis besar sistem I2C itu sendiri tersusun atas dua saluran utama yaitu, saluran SCL (*serial clock*) dan SDA (*serial data*) yang membawa informasi data antara I2C dengan sistem pengontrolnya.



Gambar 2.25 LCD Modul I2C

Perangkat yang dihubungkan dengan I2C ini dapat difungsikan sebagai *master* atau *slave*. *Master* adalah perangkat yang memulai *transfer* pada data dengan membentuk sinyal *stop*, dan membangkitkan sinyal *clock*. Sedangkan *slave* adalah perangkat yang telah diberikan alamat oleh *master*.

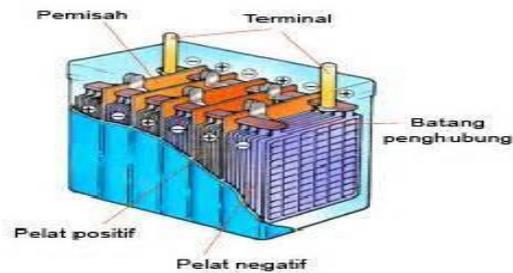
Berikut ini merupakan beberapa kondisi ketika melakukan proses *transfer* data pada I2C bus, yaitu *transfer* data hanya dapat dilakukan ketika bus tidak dalam keadaan sibuk, lalu selama proses *transfer* data keadaan pada pin SDA haruslah stabil selama pin SCL dalam keadaan tinggi.

2.9 Accu [11]

Baterai *Accu* atau sering disebut *accumulator*, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau sepeda motor. *Accu* dapat digunakan untuk menyimpan dan memberikan tenaga listrik. Pada proses pengisian, tenaga listrik diubah menjadi tenaga kimia, pada pembuangannya tenaga kimia

yang tersimpan diubah menjadi tenaga listrik. Aki memiliki kapasitas sebuah sel aki diukur dalam jam-Ampere (Ah), yang dimaksud dengan kapasitas adalah jumlah Ah yang dapat diberikan oleh sebuah sel yang berisi muatan sampai tegangannya turun menjadi kira-kira 1,83 V (99,1 %). Sebuah aki dengan kapasitas 100 Ah dapat memberikan arus 25 A selama 4 jam.

Terdapat 2 jenis aki yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah merupakan jenis aki yang perlu diberi air aki yang dikenal dengan sebutan *accu zuur*. Sedangkan aki kering merupakan jenis aki yang tidak memakai cairan. Dalam aki terdapat elemen dan sel untuk penyimpanan arus yang mengandung asam sulfat (H_2SO_4). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksid timbal coklat (PbO_2), sedangkan pelat negatif mengandung timbal. Pada Gambar 2.24 merupakan sel-sel aki.



Gambar 2.26 Sel Accu

(www.elektro.com)

Aki memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar atau lebih tebal dari kutub negatif (-), untuk menghindari kelalaian bila aki hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya.

Tabel 2.4 State of Charge Battery

STATE OF CHARGE				
	V Open Circuit	V Open Circuit	V Open Circuit	V Open Circuit
Charge	6-V battery	12-V battery	24-V battery	48-V battery
100%	6,37	12,73	25,46	50,92

90%	6,31	12,62	25,24	50,48
80%	6,25	12,5	25	50
70%	6,19	12,37	24,74	49,48
60%	6,12	12,24	24,48	48,96
50%	6,05	12,1	24,2	48,4
40%	5,98	11,96	23,92	47,84
30%	5,91	11,81	23,62	47,24
20%	5,83	11,66	23,32	46,64
10%	5,75	11,51	23,02	46,04

Berdasarkan Tabel 2.4, pada umumnya dalam kondisi optimal, aki dikatakan penuh saat pengisian mencapai 80%. Jika pengisian lebih dari 80% akan mengalami *over charge* yang dapat merusak aki. Selain itu aki dapat dikatakan kosong atau tidak dapat digunakan ketika pengisian mencapai 20%. Pada level tersebut maka aki harus segera diisi.

Arus ideal saat pengisian aki adalah 10% sampai 30% dari arus aki. Lama pengisian aki berkisar 4,5 jam sampai 10 jam. *Charger* aki dengan arus yang besar menyebabkan aki cepat penuh, namun aki akan mendidih dan panas serta beresiko sel pada aki melengkung dan rusak. *Voltage charger* biasanya disetting 110% sampai 120% dari nominal tegangan aki. Bila aki 12 volt maka tegangan *charger* harus sekitar 13 sampai 14 Volt.