

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini penulis melakukan observasi terhadap penelitian terdahulu dengan melihat beberapa jurnal yang telah diterbitkan. Penelitian merujuk pada jurnal yang telah diterbitkan sebagai bahan pertimbangan untuk melihat permasalahan dengan metode yang akan digunakan serta *output* penelitian.

- 1) Penelitian ini dilakukan oleh I kadek Agus Ardika, Antonius Ibi Weking dan Lie jasa pada tahun 2019, dengan judul “Analisa Pengaruh Jarak Sudu Terhadap Putaran Turbin Ulir Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro”. Pada alat ini sudah memperhitungkan jumlah dan jarak sudu supaya putaran jadi optimal namun belum ada monitoring otomatis pengecekan masih manual dengan multimeter dan tachometer sebagai alat ukur manual[3].
- 2) penelitian lain dilakukan oleh I Made Agus Trisna Saputra, Antonius Ibi Weking dan I Wayan Artawijaya pada tahun 2019, dengan judul “Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir Pada Turbin Ulir (*Archimedeian Screw*) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dengan Head Rendah”. Pada alat ini dengan pemasangan dengan sudut kemiringan yang membuat kinerja putaran turbin jadi lebih optimal, tetapi hasil daya yang dihasilkan kecil karena alat berupa prototype. Hasil daya listrik hanya bisa digunakan untuk penerangan saja[5].
- 3) Penelitian lain dilakukan oleh Davit Setiawan Wie pada tahun 2018 dengan judul “ Perencanaan dan Implementasi *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTPH)”. Pada alat ini masih berbentuk prototype namun dengan menggunakan penyimpanan batrai dan juga menggunakan panel kontrol. Untuk pengecekan daya dan monitoring masih manual. Daya yang dihasilkan juga masih berkapasitas kecil[1].
- 4) Pada penelitian serupa juga dilakukan oleh Nunung Haryanti, Firman Lukman Sanjaya dan Agus Suprihadi pada tahun 2021 dengan judul “ Perancangan Kerangka Turbin Ulir *Archimedes* Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Berbantu Perangkat Lunak *Solidwork* 2016”. Pada alat ini berfokus ke desaign dan kerangka agar mengoptimalkan kinerja turbin. Perancangan desaign dengan menggunakan perangkat lunak *solidwork* 2016[6].
- 5) Pada penelitian ini penulis akan mencari tahu berapa ketinggian dan debit air yang di dapat agar performa optimum , penulis akan mengembangkan

alat PLTPH turbin ulir dengan monitoring google stredsheat. Sistem ini diharapkan dapat mempermudah orang atau pengguna dalam melakukan monitoring daya yang dihasilkan serta kecepatan putaran turbin dirumah dengan cukup membuka *web google spreadsheet*.

2.2 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro

Pembangkit listrik Tenaga *Picohidro* adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan energi air sebagai penggeraknya, misalnya saluran sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya air (head) dan jumlah debit air maupun tekanan airnya[7]. PLTPH merupakan pembangkit listrik tenaga air skala yang memiliki batasan daya sebesar 5 kW – 1 mW per unitnya. Terdapat juga beberapa batasan daya untuk PLTPH yaitu 120 kw hingga 200 kW[8]. Prinsip kerja dari pembangkit ini, yaitu memanfaatkan ketinggian jatuh air dan debit air pada sungai atau air terjun. Aliran air akan mengalir melalui intake yang akan diteruskan pada saluran pembawa hingga menuju penstock. Pada air yang dialirkan akan memutar turbin sehingga menghasilkan energi mekanik sehingga turbin berputar dan memutar generator[5].

Rumus – rumus yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1) Debit air

Untuk mengetahui besarnya volume air yang mengalir. Volume air yang mengalir disebut debit air. Debit air yang mengalir, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan[9]:

$$Q = v/t \dots\dots\dots$$

Keterangan:

Q = Debit air (m³/s)

V = Volume (m³)

t = Waktu (s)

2) Kecepatan Air

Kecepatan air merupakan ukuran banyaknya volume air yang dapat lewat dalam suatu tempat atau yang dapat di tampung dalam suatu tempat tiap satu satuan waktu. Aliran air dikatakan memiliki sifat ideal apabila air tersebut tidak dapat dimanfaatkan dan berpindah tanpa mengalami gesekan, hal ini berarti pada gerakan air tersebut

memiliki kecepatan yang tetap pada masing-masing titik dalam pipa dan gerakannya beraturan akibat pengaruh gravitasi bumi. Kecepatan air dapat dihitung dengan rumus:

$$V = Q/A \dots\dots\dots$$

Keterangan

V = Kecepatan Air (m/s)

Q = Debit Air (m³/s)

A = Luas penampang sudu turbin (m²)

3) Daya Air

Menghitung daya air dilakukan untuk mengetahui daya air yang akan digunakan, sehingga di dapatkan efisiensi penggunaan daya tertentu yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{air} = \rho \times g \times Q \times H \dots\dots\dots$$

Keterangan:

P_{air} = Daya air (Watt)

ρ = Rapat massa (kg/m³)

H = Tinggi (m)

g = Gravitasi bumi (m/s²)

Q = Debit air (m³/s)

4) Daya Turbin

Perhitungan daya turbin yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin air dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_t = \tau \times \omega \text{ atau } P_t = \mu \times P_{air}$$

Keterangan :

P_t = Daya turbin (Watt)

τ = Torsi

ω = Kecepatan angular (rad/s)

P_{air} = Daya air (Watt)

2.3 Turbin Air

Turbin air digunakan untuk merubah energi air menjadi energi putar. Turbin yang dihubungkan dengan beberapa pulley digunakan untuk memutar generator. Terdapat 3 faktor penting dalam pemilihan jenis turbin, yaitu debit air, ketinggian jatuh air serta kecepatan putaran generator. Turbin air diklasifikasikan dengan beberapa cara. Hal yang utama dalam dalam

klasifikasi turbin, yaitu berdasarkan cara turbin merubah energi potensial menjadi energi mekanik. Turbin air diklasifikasikan menjadi 3, yaitu :

1) Turbin reaksi

Turbin reaksi memanfaatkan energi potensial menjadi energi mekanik. Sudut pada turbin reaksi memiliki profil khusus sehingga menyebabkan penurunan selama melalui sudut. Perbedaan tekanan memberikan gaya pada sudut sehingga menyebabkan runner dapat berputar. Turbin yang termasuk dalam turbin reaksi adalah, turbin francis, turbin Kaplan, dan turbin propeller[5]

2) Turbin Impuls

Turbin Impuls merupakan turbin yang memanfaatkan energy potensial yang diubah menjadi energi kinetik dengan nozzle. Air yang dikeluarkan dari nozzle memiliki tekanan yang sangat tinggi untuk membentur sudut turbin. Air yang membentur sudut turbin, kecepatan air berubah sehingga terjadi perubahan momentum dan menyebabkan turbin berputar. Turbin yang termasuk dalam turbin impuls, antara lain Turbin pelton, turbin turgo dan turbin cross flow[5]

3) Turbin Archimedeian Screw

Turbin Ulir atau *Archimedeian Screw* merupakan turbin yang sudah ada pada zaman kuno yang dimanfaatkan sebagai pompa air untuk pengairan. Seiring dengan krisis energi dan terbatasnya potensi energi air dengan head yang tinggi, maka pada tahun 2007 seorang insinyur memodifikasi pompa *Archimedes* yang dibalik dan membiarkan air mengendalikan pompa dan pada ujung pompa dipasang generator, maka dapat menghasilkan listrik selama generator tersebut tidak terendam air atau terkena air. Faktor terpenting juga dalam pengaruh kinerja optimal yaitu ketinggian sudut dan debit air[10]. Turbin ulir ini dapat digunakan pada head rendah. Sudut blade pada turbin ulir biasanya ditetapkan pada sudut 22[11]. Turbin ulir memiliki prinsip kerja, dimana tekanan air yang melalui bilah-bilah sudut turbin mengalami penurunan tekanan sejalan dengan penurunan kecepatan air akibat adanya hambatan dari bilah-bilah sudut turbin maka tekanan air akan memutar turbin dan secara bersamaan memutar generator[5].

2.4 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol suatu rangkaian elektronik, pada umumnya *mikrokontroler* terdiri dari *Central Processing Unit* (CPU), memori, I/O tertentu seperti *Analog-to-Digital*

Converter yang sudah terintegrasi di dalamnya. Agar suatu mikrokontroler dapat berfungsi, maka *mikrokontroler* tersebut membutuhkan komponen eksternal seperti sistem clock dan reset yang kemudian disebut sistem minimum. Arti sistem minimum itu adalah saat suatu mikrokontroler dapat digunakan untuk menjalankan suatu program[12].

2.5 Monitoring

Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program. Memantau perubahan yang fokus pada proses dan keluaran. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang disediakan berulang kali dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa proses terhadap suatu objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan. Secara umum monitoring bertujuan mendapatkan umpan balik bagi kebutuhan program proses pembelajaran yang sedang berjalan, dengan mengetahui daya yang dihasilkan dan kecepatan putaran turbin lewat *monitoring iot google spreadsheet*. Pelaksanaan program akan mengetahui kecepatan putaran turbin dan berapa daya yang dihasilkan pembangkit tenaga picohidro (PLTPH) permenit, perjam, maupun perhari[13].

2.6 Google Spreadsheet

Google Spreadsheets adalah sebuah aplikasi *spreadsheet online* yang memungkinkan Anda membuat dan Format *spreadsheet* dan sekaligus bekerja sama dengan orang lain. *Google Drive Spreadsheet*, aplikasi layanan pengolahan dokumen, terutama untuk dokumen keuangan atau tabel yang terlihat sederhana, terus dikembangkan oleh Google. Hasilnya, aplikasi tersebut kini dapat melakukan pengolahan dokumen yang bersifat analisis. Google pun mengubah nama aplikasi tersebut menjadi Google Sheets dan menyematkan beragam fitur menarik di dalamnya. Google menjanjikan, Google Sheets akan dapat bekerja lebih cepat, mampu menangani beragam dokumen yang penuh dengan angka-angka, dan dapat digunakan secara *offline*. Google juga telah menambahkan beberapa fitur baru, seperti filter, fungsi bantuan, dan penempatan teks ke dalam kolom yang kosong[14].

The screenshot shows a Google Spreadsheet with the following data:

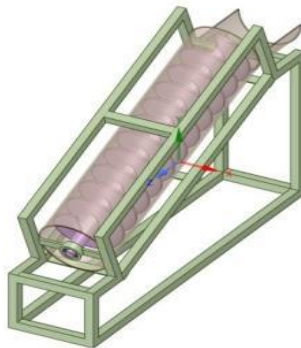
1	Sample Data					
2	OrderDate	Item	Units	UnitCost	Total	
3	1/6/2016	Pencil	95	1.99	189.05	
4	1/23/2016	Binder	50	19.99	999.5	
5	2/9/2016	Pencil	36	4.99	179.64	
6	2/26/2016	Pen	27	19.99	539.73	
7					1907.92	
8						
9						

Gambar 2.1 Google Spreadsheet

2.7 Komponen – komponen PLTPH

2.7.1 Turbin Archimedes

Turbin Sekrup Archimedes (The Archimedes screw turbine) adalah pembangkit tenaga air yang biasanya dipasang pada aliran sungai. *Archimedes Screw Turbine* (AST) telah diimplementasikan untuk mengkonversi energi listrik tenaga air sejak tahun 1990-an. Karena bentuknya yang sederhana, desain yang kuat, turbin sekrup Archimedes telah digunakan untuk memompa berbagai media termasuk padatan granular dalam pertanian dan campuran cairan dan padatan dalam pengolahan air limbah [1]. Turbin ulir Archimedes diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik tenaga air kecil (1–10 MW) atau mini (<1 MW) dan biasanya digunakan di lokasi dengan total perbedaan ketinggian 8–10 m dan untuk debit 1–10 m³ / detik. Turbin ulir Archimedes sering disebut-sebut lebih “ramah ikan” daripada turbin konvensional [15].

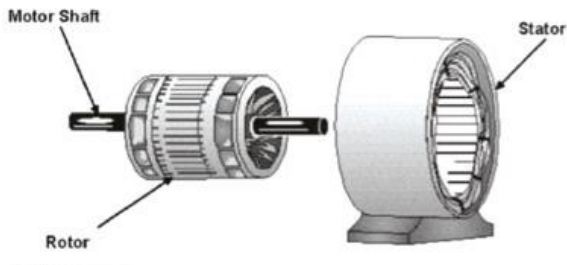
Gambar 2.2 Kontriksi Turbin *Screw Archimedes*

Jenis dan tipe dari turbin memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan tersendiri sehingga dalam penggunaannya tergantung pada situasi dan kondisi yang terjadi di lapangan. Dibawah ini adalah beberapa kelebihan dari turbin *Archemendes Screw*.

- 1) Baik dikembangkan pada daerah yang memiliki sumber air dengan debit yang cukup besar (sungai) namun hanyamemiliki head yang rendah.
- 2) Tidak memerlukan sistem kontrol yang sangat rumit seperti turbin lainnya.
- 3) Tekanan air yang terjadi pada turbin tidak merusak ekologi ikan.
- 4) Tidak membutuhkan draft tube, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk penggalian pemasangan draft tube.
- 5) Memiliki efisiensi yang tinggi, dengan variasi debit yang besar dan sangat baik untuk debit air yang kecil.
- 6) Tidak memerlukan jaring-jaring halus sebagai pencegah masuknya puing-puing kedalam turbin, sehingga dapatmengurangi biaya perawatan.

2.7.2 Generator

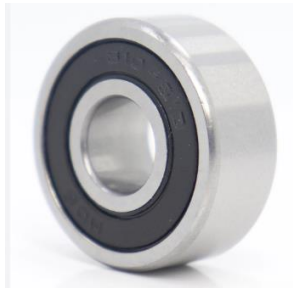
Generator (dinamo) adalah alat untuk mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator yaitu kumparan diputar dalam medan magnet sehingga fluks magnetnya berubah-ubah dan menimbulkan (GGL) induksi. Generator listrik menerima energi dalam bentuk usaha dan menyalurkannya keluar melalui transmisi listrik. Dalam bentuknya yang paling sederhana, generator terdiri atas sebuah loop kawat yang dirotasikan oleh suatu cara eksternal dalam sebuah medan magnet. Contohnya pada pembangkit listrik tenaga air, air terjun diarahkan pada ujung turbin untuk menghasilkan gerak rotasi. Generator adalah suatu perangkat mesin yang menghasilkan energi listrik dari sumber energi mekanik atau gerak melalui proses induksi elektromagnetik. Generator memperoleh energi mekanis dari *prime mover* atau penggerak mula. Energi mekanis dapat berasal dari tenaga panas, tenaga potensial air, motor diesel, motor bensin bahkan ada yang yang berasal dari motor listrik[16]



Gambar 2.3 Generator

2.7.3 Bearing

Bearing adalah bagian dari mesin, yang terbuat dari logam, yang berfungsi untuk memperkecil gesekan pada perputaran antara poros dengan rumah atau sebaliknya. Bearing juga berfungsi menumpu poros yang berbeban, sehingga putaran yang terjadi dapat berlangsung secara halus aman dan tahan lama dalam penggunaannya[9].



Gambar 2.4 Bearing

2.7.4 Pulley

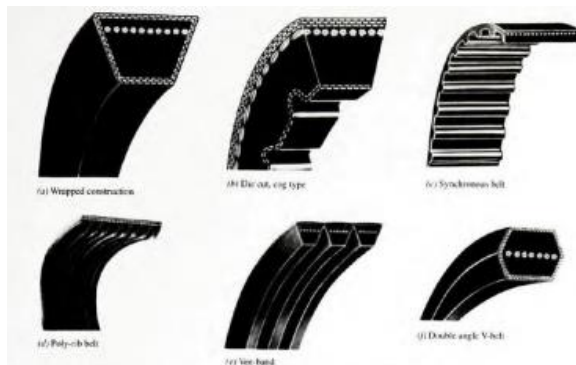
Puli (pulley) adalah sebuah mekanisme yang terdiri dari roda pada sebuah poros atau batang yang memiliki alur diantara dua pinggirannya. Sebuah tali, kabel, atau sabuk biasanya digunakan pada alur puli untuk memindahkan daya. Puli digunakan untuk mengubah arah gaya yang digunakan, meneruskan gerak rotasi, atau memindahkan beban yang berat. 37 Sistem puli (pulley) dengan sabuk (belt) terdiri dua atau lebih puli yang dihubungkan dengan menggunakan sabuk. Sistem ini memungkinkan untuk memindahkan daya, torsi, dan kecepatan, serta dapat memindahkan beban yang berat dengan variasi diameter yang berbeda[17].



Gambar 2.5 Pulley

2.7.5 V Belt

Sabuk - V terbuat dari kain dan benang, biasanya katun rayon atau nilon dan diresapi karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron atau semacamnya dipergunakan sebagai inti belt untuk membawa tarikan yang besar. Belt-V dibelitkan di keliling alur puli yang berbentuk V pula. Bagian belt yang sedang membelit pada puli ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Sebagian besar transmisi belt menggunakan belt-V karena mudah penanganannya dan harganya murah. Kecepatan belt direncanakan untuk sampai 20 m/s pada umumnya, dan maksimum sampai 30 m/s. Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih hingga 500 kW[18].

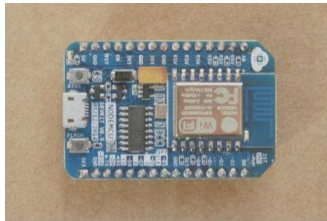


Gambar 2.6 V Belt

2.8 Komponen Elektrik dan Sensor

2.8.1 Node MCU6288

NodeMCU ESP8266 merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP8266 di dalamnya. ESP8266 berfungsi untuk konektivitas jaringan Wifi antara mikrokontroler itu sendiri dengan jaringan Wifi. *NodeMCU8266* berbasis bahasa pemrograman Lua namun dapat juga menggunakan Arduino IDE untuk prnogramannya. Alasan pemilihan *NodeMCU ESP8266* karena mudah diprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan internet unuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi WiFi[13].



Gambar 2.7 NodeMCU8266

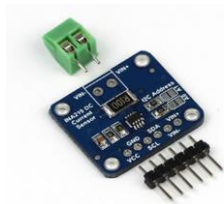
Dari modul *NodeMCU ESP8266* terdapat beberapa spesifikasi diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi dari modul NodeMCU ESP8266[19]

NodeCMU ESP8266	Spesifikasi
Mikrokontroler	Tensilica 32bit RISC CPU Xtensa LX106
Tegangan	3.3 V
Tegangan masuk	7 – 12 V
Pin digital I/O (DIO)	16
Pin analog input (ADC):1	1
UARTs	2
SPIs	1
I2cs	1
Flash memory	4 MB
SRAM	64 KB
Clock speed	80 MHz
PCB	PCB Antena

2.8.2 INA219

INA219 merupakan modul sensor yang dapat memonitoring tegangan dan arus pada suatu rangkaian listrik. INA 219 didukung dengan *interface* I2C atau *SMBUS-COMPATIBLE* dimana peralatan ini mampu memonitoring tegangan shunt dan suplai tegangan bus, dengan konversi program times dan filtering. *INA219* dengan prinsip kerja perhitungan kuat arus pada medan elektromagnetik dengan nilai pengukuran maksimum 30 A dan menghitung tegangan dengan nilai perbandingan resistor dengan nilai maksimum pengukuran 25V[20]. INA 219 memiliki sebuah amplifiier input maksimum adalah $\pm 320\text{mV}$ ini berarti dapat mengukur arus hingga $\pm 3,2\text{A}$. Dengan internal data 12 bit ADC, resolusi pada kisaran 3.2A adalah 0,8 mA. Dengan gain internal yang ditetapkan pada minimum div8, maks saat ini adalah $\pm 400\text{mA}$ dan resolusi 0,1 mA. INA 219 mengidentifikasi tegangan shunt pada bus 0 – 26 V[21].



Gambar 2.8 Sensor INA219

Dari modul *INA219* terdapat beberapa spesifikasi diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.2 Spesifikasi INA219

INA219	Spesifikasi
Common-mode voltage (max) (V)	26
Common-mode voltage (min) (V)	0
Input offset (\pm) (max) (μV)	50, 100
Input offset drift (\pm) (max) ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	0.5
Input offset drift (\pm) (typ) ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	0.1
Voltage off driff	0.1
Voltage gain (V/V)	0.125, 0.25, 0.5, 1
CMRR (min) (dB)	100
Bandwidth (kHz)	5.5
Supply voltage (max) (V)	5.5

Supply voltage (min) (V)	3
Iq (max) (mA)	1
Digital interface	I2C, SMBus

2.8.3 LM393

Sensor kecepatan *photoelectric LM393* merupakan komponen rekayasa elektro dan mekatronika yang berfungsi penghubung berdasarkan cahaya optik. Sensor ini terdiri dari 2 bagian utama yaitu *transmitter* dan *receiver*. Sensor ini biasa disebut juga sebagai optocoupler terbuat dari bahan semikonduktor dan terdiri dari kombinasi LED (Light Emitting Diode) infra merah dan phototransistor. LED yang berfungsi sebagai transmitter dan fototransistor yang berfungsi sebagai receiver. Optocoupler bekerja bila ada arus listrik yang mengalir melalui LED, menyebabkan LED memancarkan sinyal cahaya, dan sinyal cahaya tersebut akan ditangkap oleh phototransistor. Bila sinyal cahaya yang dikirim oleh LED diterima phototransistor (tidak ada halangan antara LED dan phototransistor), maka indikator sensor akan menyala (high). Apabila saat dikirimnya sinyal cahaya oleh LED tidak diterima oleh phototransistor (sinyal cahaya dari LED terhalang), maka indikator sensor akan padam (low)[12]



Gambar 2.9 Sensor LM393

Dari modul LM393 terdapat beberapa spesifikasi diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.3 Spesifikasi LM393

LM393	Spesifikasi
Output type	Open controller
Propagation delay time (μ s)	1.3
Vs (max) (V)	36
Vs (min) (V)	2

Vos (offset voltage at 25°C) (max) (mV)	5
Iq per channel (typ) (mA)	0.225
Input bias current (\pm) (max) (nA)	50
Rail-to-rail	out
Rating	catalog
Operating temperature range (°C)	0 to 70
VICR (max) (V)	34.5
VICR (min) (V)	0

2.8.4 Step Down Mini360

Mini 360 DC-DC Buck Converter StepDown merupakan konverter penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah. Mini 360 DC-DC Buck Converter StepDown inilah yang akan menurunkan tegangan dari Sumber listrik atau baterai sehingga sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan oleh mikrokontroler. Disini perancangan menggunakan *output* modul yaitu sebesar 5V untuk mensuplai arus listrik dari pembangkit ke beban mikrokontroler.[22]



Gambar 2.10 Step Down Mini360

Dari modul step down mini360 terdapat beberapa spesifikasi diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.4 Spesifikasi Step Down

Step Down	Spesifikasi
Input	4.75 – 23VDC
<i>Output</i>	1.0 - 17V
<i>Output Current</i>	3A (Max) long time 1 .8A
Switching Freq	340KHz
<i>Output Ripple</i>	30mV (no Load)
Dimensi	17x11x3.8 mm
C Type	MP1484EN

2.8.5 Baterai 12 Volt

Baterai adalah alat yang digunakan untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk kimia kemudian diubah menjadi energi listrik untuk memperoleh arus listrik yang diperlukan sehingga dapat digunakan menghidupkan peralatan yang diperlukan, seperti strika, rice cooker, mengerakkan mesin-mesin dan peratan elektronik lainnya. Arus baterai dihasilkan oleh reaksi kimia antara bahan aktif pada pelat baterai dan asam sulfat yang terdapat dalam larutan elektrolit. Berlaku untuk penstabil tegangan bagi sistem serta bertindak sebagai akumulator atau penyimpan energy setelah satu periode penggunaan.[23]



Gambar 2.11 Baterai

Dari baterai terdapat beberapa spesifikasi diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2.5 Spesifikasi Baterai

Baterai	Spesifikasi
Model Kotak	Kotak / 6F22
Tegangan	9V
Battery Type	Zinc Carbon
Dimension	26.5 x 48.5 x 17.5 mm