

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penulis melakukan studi literatur selanjutnya dengan mempelajari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dan berkaitan dengan penelitian penulis sehingga dapat digunakan sebagai rujukan dan perbandingan pada metode penelitian serta hasil yang dicapai pada penelitian ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Sukamta (2013) yang berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur”. Penelitian ini membahas tentang perancangan PLTMH permanen menggunakan sistem bendungan air yang mengalir dengan kapasitas tertentu dan disalurkan dari ketinggian tertentu yang selanjutnya dibawah ke rumah instalasi yang selanjutnya air yang melesat akan menumbuk turbin untuk memutar generator yang selanjutnya akan menghasilkan energi listrik. PLTMH ini memanfaatkan arus vertikal untuk menggerakkan turbin dan bersifat permanen atau tidak bisa dipindahkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Dwiyanto (2016) yang berjudul “Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)”. Penelitian ini membahas tentang analisis penurunan daya listrik yang terjadi pada PLTMH tersebut. Penurunan daya listrik yang terjadi pada PLTMH disebabkan oleh tumpukan sedimen pada bendungan.

PLTMH ini memanfaatkan arus vertikal untuk menggerakkan turbin dan bersifat permanen atau tidak bisa dipindahkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Apriansyah (2016) yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) Pada Pipa Saluran Pembuangan Air Hujan Vertikal”. Penelitian ini bekerja pada sistem memanfaatkan air hujan yang jatuh vertikal pada talang pipa bangunan untuk memutar turbin yg selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik. PLTMH ini memanfaatkan arus vertikal untuk menggerakkan turbin dan bersifat permanen atau tidak bisa dipindahkan.

2.2 Rangkuman Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Rangkuman Pengantar Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Fungsi Sistem PLTMH	Aliran air	Konstruksi
1.	Sukamta (2013)	PLTMH permanen dan memanfaatkan gerak jatuh vertikal	Vertikal	Permanen
2.	Dwiyanto (2016)	PLTMH permanen dan memanfaatkan gerak jatuh air vertikal	Vertikal	Permanen
3.	Apransyah (2016)	PLTMH pipa bangunan talang air dan memanfaatkan gerak jatuh air vertikal	Vertikal	Permanen
4.	Hoirudin	PLTMH <i>Portable</i>		

	(2019)	dan memanfaatkan aliran air <i>horizontal</i>	Horizontal	Portable
--	--------	-----------------------------------------------	------------	----------

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Energi merupakan suatu aspek penting dalam kehidupan secara menyeluruh. Sumber energi yang saat ini banyak digunakan di Indonesia berasal dari batu bara yang diketahui jumlahnya terbatas. Sehingga dibutuhkan sumber lain yang bersifat terbarukan dan dapat selalu dimanfaatkan sebagai sumber energi berkelanjutan. Sebagian besar pembangkit listrik yang terdapat di Indonesia masih menggunakan tenaga diesel atau sumber daya lain yang tidak dapat diperbaharui, sedangkan sumber daya tersebut lama kelamaan semakin menipis, dan kebutuhan akan energi listrik semakin bertambah dari hari ke hari (Apriansyah dkk, 2016).

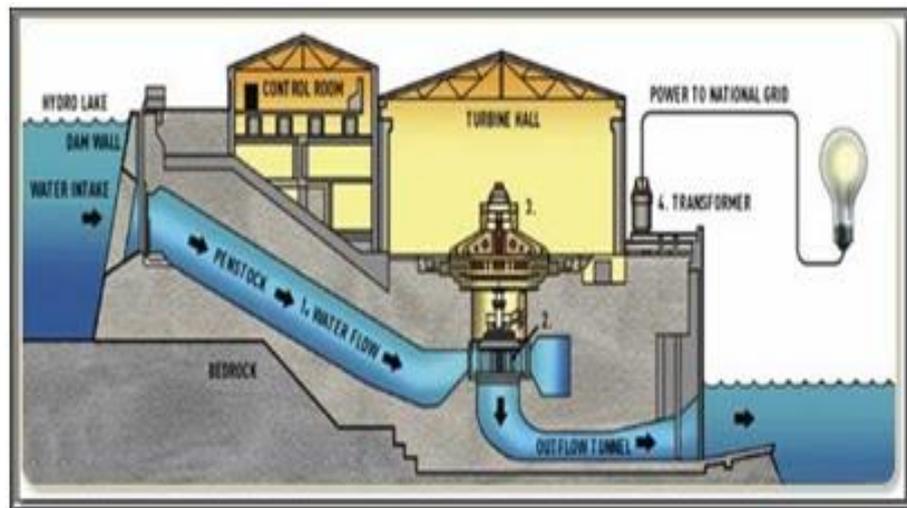
PLTMH adalah merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggeraknya seperti arus sungai, saluran irigasi, air terjun (Dwiyanto dkk, 2016). PLTMH merupakan energi yang dapat diperbarui, sehingga PLTMH merupakan energi yang mudah dikembangkan dikalangan masyarakat di pedesaan yang belum adanya aliran listrik. PLTMH juga ramah lingkungan tidak menyebabkan polusi dan tidak mencemari lingkungan disekitarnya.

PLTMH umumnya merupakan pembangkit listrik jenis *run of river*, dimana head diperoleh tidak dengan cara membangun bendungan besar, melainkan dengan mengalihkan aliran air sungai ke satu sisi dari sungai tersebut selanjutnya mengalirkannya lagi ke sungai pada suatu tempat dimana beda tinggi yang

diperlukan sudah diperoleh. Biasanya *power house* (rumah pembangkit) dibangun dipinggir sungai yang dialiri air. Air akan memutar sudu turbin/kincir air (*runner*), kemudian air tersebut dikembalikan ke sungai asalnya. Diman turbin yang menghasilkan Energi mekanik akan diubah generator yang menghasilkan energi listrik.

Biasanya PLTMH dibangun berdasarkan adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) mengacu kepada kapasitas sedangkan head adalah beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi. Mikro hidro juga dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebasnya yaitu "energi putih". Sebab instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Dapat kita ketahui bahwa alam memiliki tempat air mengalir seperti sungai, air terjun dll. Dengan adanya perkembangan teknologi pada era saat ini maka energi air beserta energi dari pengaruh perbedaan ketinggian dengan daerah tertentu (tempat instalasi yang akan dibangun) akan dapat diubah menjadi energi listrik.

Secara teknis, PLTMH terdapat tiga komponen utama yaitu sumber energi, kincir air dan generator. Sumber energi dari PLTMH itu sendiri berupa air sebagai tenaga penggerak dari kincir air. Kemudian dari kincir air akan menggerakkan rotor dari generator tersebut melalui puli dan *v-belt*. Sehingga generator akan berputar menghasilkan energi listrik. Energi listrik kemudian akan disalurkan kepemakai seperti perangkat elektronik dan perlengkapan rumah lainnya.



Gambar 2.1 PLTMH
Sumber : (Apriansyah, dkk 2016)

2.4 Air Horizontal

Air merupakan suatu senyawa netral yang keberadaannya sangat penting bagi seluruh makhluk hidup di bumi. Kegunaan air selain untuk kelangsungan hidup yaitu untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Air juga berperan penting dalam PLTMH sebagai sumber penggerak. Pemanfaatan aliran air pada PLTMH terdiri dari aliran air vertikal dan *horizontal*.

Aliran air vertikal yang digunakan untuk PLTMH antara lain yaitu air terjun, air hujan dan bendungan air dengan kemiringan tertentu. Pada jenis aliran air ini memanfaatkan air yang jatuh ke bawah. Sedangkan aliran air *horizontal* yang digunakan untuk PLTMH yaitu aliran sungai. Jenis aliran ini memanfaatkan derasnya arus yang bergerak secara *horizontal*.

2.5 Pipa Apung

Pipa apung merupakan komponen utama untuk membuat PLTMH *portable*. Pipa apung ini memanfaatkan teori *archimedes*, bahwa benda akan terapung jika

sebagian bagian volume benda berada di atas permukaan zat cair. Jika gaya yang terangkat ke atas lebih besar daripada berat benda yang masuk ke dalam zat cair. Kondisi ini juga akan berlaku ketika saat massa jenis benda lebih kecil atau lebih ringan daripada massa jenis zat cair (ρ benda $<$ ρ cair). Contoh benda terapung adalah gabus akan terapung jika dimasukkan ke dalam air (Sinenis, 2017).



Gambar 2.2 Contoh Pipa
Sumber : (Rucika, 2019)

2.6 Generator

Generator merupakan mesin listrik yang merubah energi gerak (mekanik) ke energi listrik (Apriansyah dkk, 2016). Generator akan bekerja berdasarkan hukum faraday apabila suatu penghantar yang diputar dalam sebuah medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet maka pada ujung dari penghantar tersebut akan timbulkan ggl (garis gaya listrik) yang mempunyai satuan volt.

Generator dibagi menjadi dua bagian utama yaitu bagian yang tidak bergerak (stator) dan bagian yang mampu bergerak (rotor). Kerangka Pada

bagian stator pada umumnya terbuat dari besi yang berbentuk silinder dan bagian inti stator terbuat dari besi lunak atau baja silikon yang direkatkan. Inti stator atau slot stator tempat untuk meletakkan kumparan diperlukan untuk penentuan akhir struktur belitan rotor untuk pembangkitan tegangan listrik (Goeritno dkk, 2016).

Rotor dibagi menjadi dua bagian yaitu kumparan medan dan inti kutub. Pada bagian inti kutub terdapat inti rotor dan poros yang memiliki fungsi sebagai jalan atau jalur fluks magnet yang akan dibangkitkan oleh kumparan medan. Pada kumparan medan terdapat dua bagian, yaitu bagian yang diisolasi dan bagian penghantar sebagai jalur untuk arus pemacu. Isolasi pada bagian ini harus benar-benar kondisi baik dalam hal kekuatan mekanisnya dan ketahanannya akan suhu yang tinggi dan ketahanannya terhadap gaya sentrifugal yang besar. Pada umumnya rotor berbentuk silinder yang bekerja secara rotasi (Hadmoko dkk, 2016).

Berikut ini adalah beberapa jenis klasifikasi dari generator :

1. Jenis generator yang dibagi berdasarkan letak kutubnya :
 - a. generator kutub dalam : generator kutub dalam mempunyai medan magnet yang diletakkan pada bagian rotor.
 - b. generator kutub luar : generator kutub luar mempunyai medan magnet yang diletakkan pada bagian stator
2. Jenis generator yang dibagi berdasarkan putaran medan :
 - a. generator sinkron
 - b. generator asinkron
3. Jenis generator yang dibagi berdasarkan jenis arus :

- a. generator arus searah (DC)
 - b. generator arus bolak balik (AC)
4. Jenis generator yang dibagi berdasarkan fasanya :
- a. generator satu fasa
 - b. generator tiga fasa

Generator sinkron adalah mesin pembangkit listrik yang mengubah energi mekanik sebagai input menjadi energi listrik sebagai energi output. Tegangan output dari generator sinkron adalah tegangan bolak – balik, karena itu generator sinkron disebut juga generator AC.

Menurut Anderson P.M (1982), generator sinkron dapat menghasilkan sumber energi, yaitu : tegangan bolak-balik, oleh karena itu generator sinkron disebut juga generator AC. Dikatakan generator sinkron apabila jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan dari sinkron ini dihasilkan dari kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan putaran rotor sehingga kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator.

Jika kumparan pada rotor yang berfungsi sebagai pembangkit kumparan medan magnet yang terletak di antara kutub magnet utara dan selatan diputar menggunakan tenaga air, maka pada kumparan rotor akan timbul medan magnet atau fluks putar. Fluks putar ini akan memotong kumparan stator, sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul gaya gerak listrik karena berpengaruh induksi dari fluks putar tersebut. Gaya gerak listrik (GGL) yang timbul pada kumparan stator juga bersifat bolak-balik, atau berputar dengan kecepatan sinkron terhadap kecepatan putar rotor.

Motor induksi apabila diputar melebihi kecepatan sinkronnya akan berubah fungsinya menjadi generator. Kondisi tersebut muncul karena pada mesin dalam keadaan mempertahankan slip bernilai negatif. Suatu mesin akan bekerja apabila pada kondisi generator akan membutuhkan arus eksitasi sebagai teorema dasar pembangkit tenaga listrik. Pada generator sinkron arus eksitasi akan diperoleh dari sumber tersendiri yang dialirkan melalui penghubung pada rotor.

Namun pada generator asinkron/induksi yang patut kita catat bahwa secara konstruksi adalah motor induksi. Dimana rotor dari mesin ini tidak ada hubungan ke luar maka dari itu perlu adanya menyesuaikan secara rangkaian elektrik. Pada kondisi ini kapasitor menjadi salah satu saran penghasil daya reaktif sebagai sumber arus eksitasi pada generator induksi. Apabila generator induksi yang terhubung ke jaringan tenaga listrik maka peran dari kapasitor dapat ditiadakan. Karena generator induksi akan menyerap daya reaktif dari jaringan sebagai sumber arus eksitasi.

Generator DC merupakan sebuah generator listrik yang mengubah dari energi mekanis menjadi energi listrik dimana generator DC menghasilkan arus searah. Generator DC dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker). jenis generator DC yaitu:

1. Generator penguat terpisah.
2. Generator *shunt*
3. Generator kompon.

Konstruksi generator DC umumnya dibuat menggunakan magnet permanen dengan 4-kutub rotor, proteksi terhadap beban lebih, regulator tegangan digital, starter eksitasi, bearing dan rumah generator atau casing, serta bagian rotor. Generator DC terdiri dua bagian yaitu stator dan bagian rotor. Bagian stator terdiri dari rangka motor, sikat arang, belitan stator, terminal box dan bearing. Sedangkan bagian dari rotor terdiri dari komutator, kipas rotor, belitan rotor, dan poros rotor.

Generator arus bolak-balik (AC) mempunyai fungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik arus bolak-balik. Generator arus bolak-balik juga berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik arus bolak-balik, generator arus bolak-balik sering disebut juga sebagai alternator. Generator AC atau generator sinkron adalah jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dapat dihasilkan dari kecepatan putaran rotor dengan kutub-kutub magnet yang dapat berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putaran stator. Mesin ini tidak dapat bekerja sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat mengikuti kecepatan pada medan putar waktu sakelar terhubung dengan jala-jala.

Konstruksi pada generator arus bolak-balik terdiri dari dua bagian utama yaitu stator bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak-balik dan rotor bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang akan menginduksi ke stator. Stator terdapat sebuah badan generator yang terbuat dari baja yang berfungsi untuk melindungi bagian generator pada *name plate* generator dan kotak terminal. Inti dalam stator terbuat dari bahan feromagnetik yang berlapis dan alur

terdapat tempat untuk meletakkan lilitan stator untuk menghasilkan tegangan listrik. Sedangkan pada rotor berbentuk kutub sepatu (*salient*) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder).



Gambar 2.3 Contoh Generator
Sumber : (Wijaya dkk, 2016)

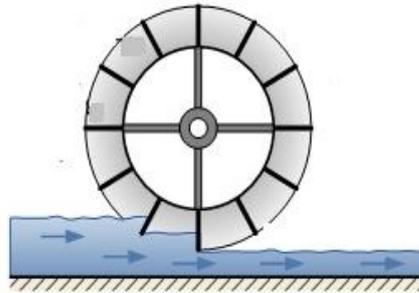
2.7 Kincir Air

Kincir air adalah bagian komponen yang berfungsi menangkap aliran air sehingga kincir air menghasilkan energi mekanik. Umumnya kincir air terdiri dari poros, lingkaran roda yang dilengkapi dengan tabung dan sudu-sudunya yang dipasang di sekeliling roda (Junaidi dkk, 2014).

Pada proses kerja kincir air sampai pada pemakaian listrik terjadi beberapa perubahan energi. Pertama adalah perubahan energi potensial yang didalam aliran air menjadi energi gerak oleh kincir air. Sedangkan kedua energi mekanik ini akan memutar generator, akibat perputaran generator terjadilah lompatan elektron. Hal inilah yang menghasilkan energi listrik (Rahmadi dkk, 2015). Pada penelitian ini kincir air yang digunakan adalah kincir air jenis *undershot*.

Kincir air *undershot*, roda hanya ditempatkan langsung ke sungai yang mengalir. Gerakan pada air dibawah menciptakan gerakan dorong terhadap sudu

kincir air terendam dibagian bawah roda yang memungkinkan berputar ke satu arah yang relatif terhadap arah arus aliran air. Jenis desain kincir air pada umumnya digunakan di daerah yang datar tanpa kemiringan dimana aliran air cukup cepat bergerak. Keuntungan jenis kincir ini adalah konstruksi lebih sederhana, lebih ekonomis, dan mudah untuk dipindahkan, sedangkan kerugian dari jenis kincir ini ialah efisiensi kecil dan daya yang dihasilkan relatif kecil. Kerugian lain dari roda air undershot adalah bahwa hal itu membutuhkan sejumlah besar air yang bergerak dengan kecepatan. Oleh karena itu, kincir air di bawah air biasanya terletak di tepi sungai karena aliran yang lebih kecil atau sungai kecil tidak memiliki cukup energi potensial di air yang bergerak. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi sedikit dari kincir air bawah laut adalah dengan mengarahkan aliran air jatuh tepat pada sisi sudu turbin.



Gambar 2.4 Contoh Kincir Air
Sumber : (Prabowo dkk, 2018)