

**PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK MINIHIDRO
DI DESA GUGUAK AMPEK KANDANG KECAMATAN 2X11 KAYU TANAM
KABUPATEN PADANG PARIAMAN**

Oleh:

*Erhaneli, **Ferdinal Rutaf

*Dosen jurusan Teknik Elektro, **Mahasiswa jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang

Abstark

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro adalah proses pengkonversian energi potensial air menjadi energi listrik yang sangat bermanfaat bagi kehidupan masyarakat, terutama di daerah – daerah yang memiliki aliran air yang cukup besar. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro ini di mulai dari studi literature yang berhubungan dengan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Air. Kemudian melakukan survei ke lokasi yaitu di desa Guguak Kandang Ampek, untuk dapat menentukan luas penampang sungai, pengukuran debit air dan pengukuran tinggi jatuh air. Kemudian pengolahan data yang meliputi perhitungan daya, perhitungan untuk menentukan jenis atau spesifikasi peralatan mekanikal, spesifikasi peralatan elektrikal, instalasi sipil dan estimasi biaya yang akan dipakai pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro ini. Pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro ini menggunakan debit air sebesar $5,67 \text{ m}^3/\text{s}$, tinggi jatuh air yang dipakai ialah 65 m, menggunakan jenis turbin Francis dan daya yang dapat dihasilkan sebesar 2.672,37 kVA. Generator yang digunakan adalah generator sinkron 4 kutup, dengan frekuensi 50 Hz. Desain sipilnya menggunakan tipe dam batu bronjong dengan diperkuat beton. Rumah penduduk yang dapat dialiri listrik sebanyak 2.969 unit rumah dengan setiap unit rumah mendapatkan daya listrik sebesar 900 VA. Dan estimasi biaya yang diperlukan untuk pembuatan PLTM ini sebesar Rp. 28.968.908.100.

Kata Kunci : Minihidro, Turbin Francis, Generator Sinkron

Abstract

Hydro power plant is the process of converting the potential energy of water into electrical energy which is very beneficial to people's lives , especially in the area - an area that has a substantial water flow . Planning the hydro power plant at the start of the study literature relating to the manufacture of Hydro Power . Then conducted a survey to a location that is in the village Guguak Ampek Cage , to be able to determine the cross-sectional area rivers , water flow measurement and high measurement falling water . Then processing the data which include the power calculation , the calculation to determine the type or specification of mechanical equipment , electrical equipment Specifications , civil and installation cost estimates that will be used in the planning of the hydro power plant . In the planning of this hydro power plant uses water discharge of $5.67 \text{ m}^3 / \text{s}$, high fall of water used is 65 m , using a Francis type turbines and power that can be generated at 2672.37 kVA . Generator used is 4 pole synchronous generator , with a frequency of 50 Hz . Civil design using a type of stone gabion dam with reinforced concrete . Houses can be powered by as many as 2,969 housing units each housing unit to get power of 900 VA . And the estimated costs necessary to manufacture these micro power of Rp . 28,968,908,100 .

Keywords : hydro , Francis Turbine , Generator Sync

1. Pendahuluan

Salah satu potensi sumber daya alam terbesar yang dimiliki oleh Bangsa Indonesia adalah air. Di samping kegunaannya untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari –hari, kandungan energi yang dimiliki oleh air yang mengalir dari ketinggian tertentu dan jumlah tertentu juga bisa dimanfaatkan sebagai pembangkit energi mekanis. Salah satu contoh alat konversi energi air menjadi energi

mekanik adalah turbin air, energi mekanik pada turbin air dapat di ubah menjadi energi listrik yang merupakan salah satu sumber energi alternative yang dapat diperbaharui. Dalam memproduksi energi listrik yang bisa diperbarui memanfaatkan sumber tenaga air dalam skala kecil yang dikenal juga dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM).

Data hasil survey potensi tenaga air yang dilakukan PLN pada tahun 1982,

Pembangkit Tenaga Listrik Minihidro

diseluruh Indonesia terdapat potensi untuk pengembangan PLTA dan PLTMH diperkirakan sebesar 75.000 MW. Diantara potensi tersebut terdapat potensi tenaga air untuk mikro hydro. Menurut Rencana Induk Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan (RIPEBAT), potensi tenaga air mikro hydro saja diperkirakan 458,75 MW [Chayun Budiono , 2003]. Dari data hasil survei diatas terlihat bahwa Indonesia memiliki potensi sumber tenaga air yang besar.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Studi literatur

Energi merupakan penunjang kemajuan peradaban manusia. Dengan semakin mahalnya sumber – sumber energi, seperti minyak bumi, gas alam, maka harga dari energi yang dihasilkan semakin meningkat. Mengingat selama ini energi kita banyak bergantung kepada sumber – sumber energi tersebut. Maka perlu dicari sumber energi lain yang lebih murah dan mempunyai daya saing tinggi, diantara sumber energi tersebut adalah air. Penemuan turbin air merupakan penemuan yang berarti dalam pengembangan tenaga air. Bentuk turbin modern yang sekarang digunakan adalah rancangan dari Francis (1849), Pelton (1890) dan Kaplan (1913). Menghubungkan turbin dengan generator merupakan kemajuan yang berarti sekali bagi pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro. (*Kasra Nofri , 2005 : 1*).

Pembangkit listrik tenaga mikro hydro merupakan pembangkit listrik yang sangat tergantung pada ketersediaan air yang mengalir (debit air). Bervariasinya tegangan yang dihasilkan lebih banyak disebabkan karena bervariasinya debit air yang mengalir. *Enoh (1997)*, mengatakan bahwa variasi tegangan dapat saja direduksi dengan menambahkan pemanas yang akan mengkonversikan energi listrik menjadi panas. Tentunya ini tidak efisien dan mempunyai banyak kelemahan.

2.2 Landasan Teori

Turbin secara umum dapat diartikan sebagai mesin penggerak mula di mana energi fluida kerja yang digunakan langsung memutar roda turbin, fluida kerjanya dapat berupa air,

uap air dan gas. Dengan demikian turbin air dapat diartikan sebagai suatu mesin penggerak mula yang fluida kerjanya adalah air. (*wiranto, 1997 : 1*).

Kalau ditinjau dari daya yang dihasilkan turbin air, maka dikenal istilah Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM) yang maksudnya adalah turbin air yang dapat menghasilkan daya kurang dari 5 MW dan sumber airnya relatif kecil. (*wiranto,1997:67*).

2.3 Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruang diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada suatu gaya yang bekerja.

Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut. (*wiranto,1997:4*).

2.4 Klasifikasi Turbin Air

Turbin air juga dibedakan dalam dua golongan utama, yaitu dipandang dari segi perubahan momentum fluida kerjanya :

2.4.1 Turbin impuls

Turbin impuls disebut juga dengan turbin air tekanan sama karena tekanan air yang keluar dari nozel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi tempat dan energi tekanan yang dimiliki oleh aliran air dirubah semuanya menjadi energi kecepatan. Contoh dari turbin impuls ini adalah turbin pelton, turbin cross flow dan lain – lain. (*Fritz Dietzel, 1988 : 18*)

- a. Turbin Pelton
- b. Turbin Turgo
- c. Turbin Crossflow

2.4.2 Turbin Reaksi

Turbin reaksi disebut juga dengan turbin tekanan lebih karena tekanan air sebelum masuk roda turbin lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Secara umum dapat dikatakan bahwa aliran air yang masuk keroda turbin mempunyai energi penuh, kemudian energi ini dipakai sebagian untuk menggerakkan roda turbin dan sebagian

Pembangkit Tenaga Listrik Minihidro

lagi dipergunakan untuk mengeluarkan air kesaluran pembuangan. Jenis turbin reaksi yang sering digunakan antara lain.

- a. Turbin Francis
- b. Turbin Kaplan & Propeller.
- c. Kincir Air.

2.5 Kandungan Energi dalam Aliran Zat Cair

Energi dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan usaha. Energi tidak dapat diciptakan maupun dihilangkan tapi hanya dapat dirubah. Begitu juga dengan air yang mengalir dari ketinggian tertentu, dimana aliran tersebut mengandung energi yang dapat dimanfaatkan untuk memutar roda turbin. (Fritz Dietzel, 1988:3)

Menurut Bernoulli apabila air dialirkan dalam pipa dari ketinggian tertentu dan selisih ketinggian antara permukaan atas dan bawah adalah z dan tidak terdapat energi yang masuk atau keluar, maka besar energi yang dikandung oleh air tersebut adalah :

$W = E. \text{Tempat} + E. \text{Tekanan} + E. \text{Kecepatan}$

$$W = m g z + m \frac{P}{\rho} + m \frac{c^2}{2}$$

3. Metode perencanaan

3.1 Jenis Perencanaan

Jenis perencanaan yang buat disini merupakan perancangan yang dimulai dari merencanakan lokasi dimana akan dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro ini akan dibuat. Melakukan perhitungan dengan rumusan-rumusan yang telah ditampilkan pada Bab II dan yang telah dipelajari dari buku-buku referensi kemudian melalui konsultasi kepada dosen pembimbing.

3.2 Metode Perencanaan

3.2.1 Survei ke Lokasi

Survei ke lokasi dilaksanakan di Desa Guguak/Kandang Ampek Kecamatan 2x11 Kayutanam Kabupaten Padang Pariaman. Hal-hal yang dilakukan selama survei ke lokasi adalah mengambil data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan antara lain besarnya debit air sungai dan tinggi jatuh air, disamping itu

juga untuk mengetahui jumlah rumah penduduk serta jarak sungai ke lokasi.

3.2.2 Pengambilan Data Dilokasi Survei

1. Pengukuran tinggi air terjun / ketinggian Head (H).
2. Pengukuran debit air (Q) yang tersedia dilokasi
3. Pengukuran jarak dari pemukiman sampai ke lokasi Sungai.
4. Pemetaan situasi dan topografi daerah penelitian.

3.2.3 Pengolahan data dan Perhitungan untuk menentukan jenis/spesifikasi peralatan mekanical dan elektrikal yang akan dipakai perencanaan PLTM.

Dalam hal ini data-data yang didapat dari hasil survei diolah sehingga didapatkan jenis/spesifikasi peralatan mekanical (turbin) dan elektrikal yang cocok digunakan, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan formula yang telah didapat dari studi kepustakaan. Adapun langkah-langkahnya dapat dilihat pada metode perhitungan. Menentukan debit air yang akan digunakan, menghitung tinggi jatuh aktual air, menghitung diameter pipa pesat, kecepatan aliran, panjang piapa pesat, menghitung tinggi jatuh efektif air, menghitung kecepatan spesifik turbin, menentukan jenis turbin sesuai dengan perhitungan diatas, menghitung daya air, daya turbin, daya listrik dan menentukan generator yang digunakan serta perkiraan biaya secara umum.

3.2.4 Studi kepustakaan

Hal-hal yang dilakukan selama studi kepustakaan yaitu mencari sumber-sumber ilmu yang berhubungan dengan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro, baik berupa formula atau pun teori-teori dasar yang dapat membantu selama proses perencanaan / penulisan laporan.

3.2.5 Kesimpulan

Jenis/spesifikasi dari turbin, peralatan mekanical dan elektrikal yang telah didapat dari perencanaan

Pembangkit Tenaga Listrik Minihidro

kemudian dirangkum dalam bentuk kesimpulan.

4. Pembahasan

4.1 Disain Untuk Konstruksi Sipil

Pada pembangunan konstruksi sipil ini, berdasarkan letak geografisnya dan karakteristik bentuk alam dari tempat perencanaan ini tidak akan menyulitkan pembangunannya, karena lokasi ini cukup strategis untuk PLTM.

1. Dam / bendungan

Bendungan ialah suatu bangunan yang berfungsi untuk meningkatkan muka air disungai sehingga elevasi muka air dapat mengalir ke areal yang lebih tinggi dari elevasi muka air sebelum di bendung.

Dam dalam perencanaan ini memiliki ketinggian 2,6 m, ketebalan bangunan bendungan 1,2 m dan mempunyai lebar 30 m. Bagian dari sisi sungai yang harus di dam adalah sepanjang 50 m, dimana sisi sungai yang harus di dam ini bertujuan untuk membatasi air yang akan keluar di tepi sungai ketika bendungan telah berisi air. Pembuatan dam ini dapat menggunakan bahan lokal yang telah tersedia di sungai tersebut, seperti kerikil, pasir dan batu kali.

2. Intake (Bangunan Pengambilan)

Intake adalah bangunan untuk menyadap air yang akan di alirkan ke turbin. Bangunan pengambilan (intake), ini mempunyai lebar 1,25 m dan panjang 1 m. Maka luas pintu masuk air sebesar $1,25 \text{ m}^2$.

3. Bak Pengendap dan Bak Penenang

Bak Pengendap ini juga berfungsi sebagai Bak Penenang. Dalam perencanan PLTM ini tidak dibuat saluran pembawa dikarenakan kondisi dilapangan. Bangunan bak pengendap atau bak penenang ini mempunyai lebar 5 m dan panjangnya 12 m. Bak pengendap atau bak

penenang ini merupakan tempat penampungan air sebelum memasuki pipa penstock. Bak inilah nantinya yang akan mengontrol perbedaan debit air yang terjadi dalam pipa penstock karena fluktuasi beban.

4. Rumah turbin

Pondasi dari rumah turbin ini merupakan tempat pemasangan turbin yang digunakan sebagai penggerak generator pada PLTM.

Dalam perhitungan kedalaman air di *afterbay* adalah 100 cm. Pada perencanaan PLTM ini tempat pembangunan rumah turbin sangat strategis karena tempatnya memiliki beda ketinggian yang cukup sehingga kemungkinan untuk terjadinya banjir sangat kecil dan memiliki tempat yang cukup luas untuk dibangun sebuah rumah pembangkit.

5. Saluran Pembuangan

Adalah saluran yang berfungsi untuk membawa aliran air setelah melalui turbin kembali lagi ke aliran air sungai. Saluran direncanakan berupa saluran terbuka bentuk trapesium. Pada bentuk trapesium tampang basah paling ekonomis didapat apabila lebar muka air adalah 2 kali panjang sisi miring/tebing saluran. Kondisi ini diperoleh pada sudut kemiringan tebing saluran terhadap horizontal adalah 60° .

4.2 Perencanaan Mekanikal dan Elektrikal

1. Pipa Penstock

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan untuk perencanaan ini panjang pipa penstock adalah 150 m, dengan diameter rata-rata 100 cm atau 1 m dan memiliki ketebalan minimum pipa penstock 10 mm. Sudut kemiringan dari pemasangan pipa penstock ini adalah untuk (Bend $V_1 = 30^\circ$), dan (Bend $V_2 = 35^\circ$) dari permukaan tanah.

2. Turbin

Jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kecepatan spesifik dan tinggi jatuh efektif air. Putaran turbin

Pembangkit Tenaga Listrik Minihidro

direncanakan 1540 rpm. Untuk mengantisipasi slip putaran generator, sehingga frekuensi generator tetap pada kisaran 1500 rpm.

$$\text{Maka: } n_s = n \frac{\sqrt{Q}}{(He)^{3/4}}$$

Dalam kasus ini turbin *Francis* lebih cocok digunakan karena turbin *Francis* dengan kecepatan spesifik (n_s) 177 rpm efisiensi pada beban maksimum dapat mencapai 90,2%

- Head = 65 m
- Debit = 5,67 m³/s

Tabel 4.1 : Perbandingan turbin

	Turbin crossflow	Turbin Francis
Putaran Turbin	486,26 rpm	1540 rpm
Diameter Turbin	30 cm	59 cm
Efisiensi Turbin	74%	75%

3. Generator

Generator yang cocok untuk perencanaan PLTM ini adalah *generator synchronous 3 θ (tiga phasa)* tipe GMS3500C merek Cummins atau tipe WPS3500 merek Perkins. Tipe-tipe ini banyak dijual dipasaran. Pada perencanaan ini generator yang digunakan memiliki frekwensi 50 Hz, dengan jumlah kutub 4 dan memiliki kecepatan putaran generator 1500 rpm. Keluaran tegangan 6,3 kV hubungan bintang, daya keluaran adalah 3.000 kW dan efisiensi generator secara umum adalah 0,9 dan PLTM ini memerlukan sebuah trafo step up untuk menaikkan tegangan karena akan di interkoneksi dengan tegangan PLN yang telah ada di jaringan. Dan dengan alat sinkronisasi keluaran tegangan PLTM ini sudah dapat di suplai ke jaringan distribusi PLN.

4. Fasilitas Kontrol dari Turbin ke Generator.

a. Pengatur Kecepatan

Pengatur kecepatan diadopsi untuk menjaga agar kecepatan turbin

konstan karena kecepatan selalu dirubah oleh perubahan beban dan ketinggian air serta debit air. Perubahan kecepatan putaran generator sebagai akibat perubahan frekuensi. Pengatur terdiri dari pendeteksi kecepatan, pengontrol dan operasi. Ada dua jenis pengatur untuk mengatur debit air (keluaran air) melalui turbin :

1. Jenis mekanik

Untuk mengontrol debit air selalu dengan operasi otomatis dari guide yang menurut beban nyata, biasanya menggunakan governor. Prinsip kerja governor adalah

Apabila terjadi putaran naik pada turbin, maka bandul sentrifugal akan mengembang (naik) mengakibatkan tuas A menekan tuas B. Dengan tekanan tuas B maka torak distribusi pun akan turun dan tekanannya akan menggerakkan torak servomotor meniup sudu-sudu pengarah. Bila putaran turbin turun bandul sentrifugal akan menekan (turun) dan mengakibatkan tuas A terangkat. Selanjutnya pompa dengan sistem governor akan menggerakkan servomotor untuk membuka sudu-sudu pengarah.

2. Jenis Elektronik

Untuk mengontrol keseimbangan kedua tenaga beban nyata dan *dummy load* dengan thyristor yaitu untuk menjaga sajian akhir dari kedua beban nyata dan *dummy* konstan selalu untuk output dan kecepatan generator yang sama. Bagaimanapun pada kasus PLTM pengatur jenis *dummy load* adalah lebih murah dan dianjurkan.

b. Pemicu Generator

Pada generator *synchronous* dibutuhkan sebuah keadaan dimana ada arus yang disuplai sehingga terbentuk medan magnet di generator dan menjaga output tegangan konstan. Pada sebagian besar generator sinkron arus lapangan disediakan oleh generator lain yang dikenal sebagai *exiter* dan dipasang pada poros

Pembangkit Tenaga Listrik Minihidro

yang sama, generator ini merupakan generator arus searah.

5. Kesimpulan

Dari hasil survei dan perhitungan yang telah dilakukan untuk rencana pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) Batang Anai pada lokasi tersebut merupakan daerah dengan kondisi yang efektif untuk pembangunan sebuah PLTM. Debit aliran yang akan digunakan adalah 5,67 m³/dt dan tinggi jatuh efektif air adalah 57 m serta kecepatan spesifik turbin (n_s) 177 rpm, maka jenis turbin yang sesuai untuk perencanaan ini adalah turbin *Francis*.

Hasil perhitungan yang dilakukan terhadap daya yang dapat dihasilkan sesuai data-data yang didapat dari lapangan maka daya air yang tersedia adalah 3.167,26 kW, daya turbin sebesar 2.375,46 kW dan daya listrik yang dihasilkan sebesar 2.137,90 kW. Generator yang digunakan adalah Generator Synchronous tiga fasa empat kutub dan jumlah putaran 1500 rpm dengan daya keluaran 2.672,37 kVA.

Daya yang keluar dari generator akan diinterkoneksi dengan jaringan tegangan menengah PLN dengan menaikkan tegangan melalui sebuah transformator step up. PLN akan mendistribusikan daya kerumah-rumah penduduk. Jumlah rumah yang bisa dialiri oleh daya yang dihasilkan pembangkit ±2.969 buah rumah dengan daya terpasang 900VA.

Perkiraan biaya untuk membuat PLTM di Desa Guguak Kandang Ampek Kecamatan 2x11 KayuTanam Kabupaten Padang Pariaman ±Rp 28.968.908.100

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arismunandar. Artono, 2000. Buku Pegangan Teknik Tegangan Tenaga Listrik, Jilid I Pembangkitan Dengan Tenaga Air. Jakarta: PT. PRADYA PARAMITA.
- [2]. Fritz Dietzel, 1988. Turbin Pompa dan Kompresor. (Alih bahasa Ir. Dakso Sriyono). Jakarta: Erlangga.
- [3]. O.F. Patty, 1995. Tenaga Air. Jakarta: Erlangga
- [4]. Ray. K. Linsley, Yoseph B. Franzini, 1985. Teknik Sumber Daya Air. Jilid I. (Alih bahasa Ir. Djoko Sasongko, M.Sc). Jakarta: Erlangga.
- [5]. Ranald V. Giles, 1984. Mekanika Fluida dan Hidrolika. (Alih bahasa Ir. Herman Widodo Soemitro). Jakarta: Erlangga
- [6]. Stolk, 1993. Elemen Mesin (Alih bahasa Hendarsin, Abdul Rachman). Jakarta: Erlangga.
- [7]. Suryono. Arismunandar, 1991. Pedoman Rekayasa Tenaga Air. UPT. Hidro
- [8]. Wiranto. Arismunandar, 1997. Penggerak Mula Turbin. Bandung: ITB.
- [9]. www.docstock.com/docs/13528861/study-kelayakan-elektrik-mekanikal-PLTMH, 28November2010