

ANALISA KELAYAKAN TEKNIS PLTMH DI PROVINSI NANGGROE ACEH DARUSSALAM: STUDI KELAYAKAN DESA RAMPAH KABUPATEN ACEH TIMUR

Ilyas, M.Husnawan*, Hamdani, Sarwo Edhy S
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
Jl. Syech Abd. Rauf No. 7 Darussalam Banda Aceh
*Corresponding Author: husnawan_m@yahoo.com

Abstrak

Mikrohidro beranjak dari konsep memanfaatkan energi air yang melimpah, sehingga dapat melakukan penghematan energi lain. Seperti minyak bumi dan kayu bakar. Pada penulisan ini dilakukan studi kelayakan teknis pembangunan PLTMH Desa Rambah Kecamatan Serbajadi, Kabupaten Aceh Timur, diperoleh diameter pipa pesat = 0,71 m, ada terjadi head diantaranya. Head losses pada sisi masuk pipa pesat = 0,09 m, head losses pada belokan pipa pesat = 0,0084 m, karena jumlah belokan ada 2 buah dengan sudut 28° maka kehilangan energi akibat belokan pipa pesat menjadi = 0,017 m, head losses akibat gesekan dalam pipa pesat = 0,14 m, maka didapat daya out put turbin sebesar 48,02 KW, kecepatan spesifik turbin = 78,06 rpm, dengan dimensi turbin $D_3 = 0,30$ m, $D_i = 0,2$ m, $B_D = 0,11$ m, $a_D = 0,06$ m, $b_d = 0,099$ m. Maka daya generator sebesar 37,26 KW, sehingga dapat mensuplay sekitar 80 rumah.

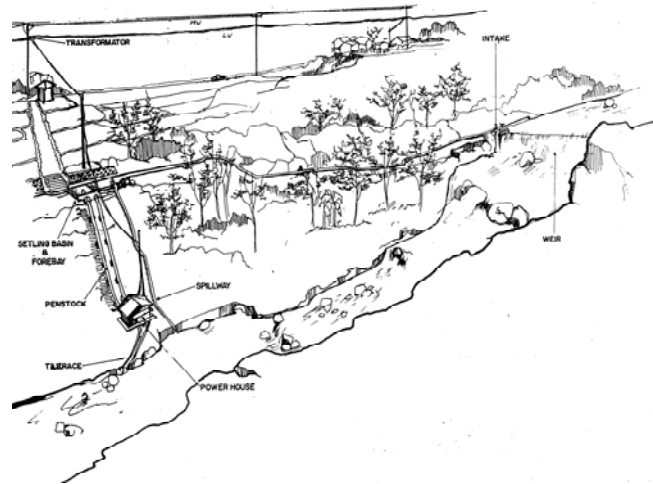
Kata kunci : PLTMH, feasibility study, Komponen Mekanik, Nanggroe Aceh Darussalam

1. Pendahuluan

Sumber energi yang digunakan hingga saat ini lebih banyak berorientasi pada penggunaan energi fosil, terutama minyak dan gas bumi. Kedua sumber energi tersebut masih digunakan sebagai andalan mendukung devisa negara. Batubara yang cadangannya masih relatif banyak dibanding minyak dan gas bumi, digunakan menggunakan teknologi yang terbatas, belum dikonversi menjadi bahan bakar atau bahan baku industri yang lebih memiliki nilai tambah. Batubara selain diekspor, saat ini mayoritas digunakan untuk pembangkit listrik. Pemanfaatan energi baru dan terbarukan (tenaga angin, air, biomasa, surya, gelombang laut, panas bumi, dan nuklir) menghadapi masalah yang terkait investasi yang cukup mahal, sehingga harganya kurang kompetitif dibandingkan dengan jenis energi konvensional. Namun demikian pemerintah telah menetapkan konsep diversifikasi energi baik untuk energi fosil serta pemanfaatan semua jenis energi terbarukan hingga tahun 2025, yang tertuang dalam Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005 – 2025 [1]. Dalam pemanfaatan energi ke depan faktor teknologi, ekologi dan ekonomi lebih diperhatikan, dalam rangka mewujudkan pembangunan berkelanjutan dan *security of* energi di masa datang.

2. Definisi PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), biasa disebut mikrohidro, adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai penggerakannya, misalnya saluran irigasi, sungai atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan tinggi terjunnya (*head*, dalam meter) dan jumlah debit airnya ($m^3/detik$). Gambar 2 menunjukkan contoh keseluruhan sistem PLTMH. Umumnya PLTMH yang dibangun jenis *run off river* dimana *head* diperoleh tidak dengan membangun bendungan besar, melainkan dengan mengalihkan aliran air sungai ke satu sisi dari sungai dan menjatuhkannya lagi ke sungai pada suatu tempat dimana beda tinggi yang diperlukan sudah diperoleh. Dengan menggunakan pipa, air dialirkan ke *power house* (rumah pembangkit) yang biasanya dibangun di pinggir sungai. Melalui nosel air akan menyembrot keluar memutar roda turbin (*runner*), kemudian air tersebut dikembalikan ke sungai asalnya. Energi mekanik putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator [2].



Gambar 2 Bagan sebuah PLTMH

2.1. Prinsip Kerja PLTMH

Pembangkit tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (power) yang dihasilkan dapat dihitung dengan rumus :

$$P = 9,81 Q H \text{ kW} \dots\dots\dots (1)$$

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis.

Bentuk pembangkit tenaga mini-hidro adalah bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama, yaitu ; Perubahan tenaga potensial air menjadi tenaga elektrik (listrik) . Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut :

- Tenaga potensial → Tenaga kinetik
- Tenaga kinetik → Tenaga mekanik
- Tenaga mekanik → Tenaga listrik

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Tenaga kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang terus memutar kincir / turbin. Tenaga elektrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir / turbin.

Prinsip kerja PLTMH yang paling utama adalah memanfaatkan semaksimal mungkin energi air yang dapat ditangkap oleh peralatan utamanya yang disebut turbin/kincir air. Efisiensi kincir air yang dipilih untuk menangkap energi air tersebut menentukan besarnya energi mekanik atau energi poros guna memutar generator listrik.

3. Survey Geografis Lokasi

3.1. Geografis

Kabupaten Aceh Timur mempunyai luas wilayah ± 6040.40 Km² yang terletak diantara 04°09'21.08" LU - 05°06'02.16" LU dan 97°15'22.07" BT - 97°34'47.22" BT dengan jumlah penduduk mencapai 311.141 jiwa sesuai data penduduk pada tahun 2005, tersebar di 21 Kecamatan yang terdiri dari 487 desa [3].

Batas-batas wilayah Kabupaten Aceh Timur adalah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kabupaten Aceh Utara dan Selat Malaka.
2. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kabupaten Aceh Tenggara.
3. Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Aceh Tengah.
4. Sebelah Timur berbatasan dengan Selat Malaka dan Kota Langsa.

3.2. Geologi

Berdasarkan kondisi fisiknya, Kabupaten Aceh Timur merupakan tanah berbukit. Dataran rendah dan landai banyak ditemukan dipinggir pantai. Ketinggian wilayah antara kecamatan cukup beragam, yaitu berkisar antara 0 sampai dengan 308 meter dari permukaan laut dengan kemiringan antara 1 sampai 5 meter [4]. Pada umumnya struktur tanah terdiri dari tanah podsolik merah kuning dari batuan yang dasarnya mempunyai bahan granit dan alluvial serta tanah organosol dan gley humus.

3.3. Iklim

Iklim di Kabupaten Aceh Timur sangat dipengaruhi oleh perubahan arah angin. Musim kemarau biasanya terjadi pada bulan Maret sampai dengan bulan Juli. Curah hujan rata-rata setahun berkisar 139,42 milimeter dengan rata-rata kelembaban udara sekitar 81,17 % dan temperatur berkisar antara 27,50° C (4).



Gambar 3 Layout Lokasi Pada Topografi

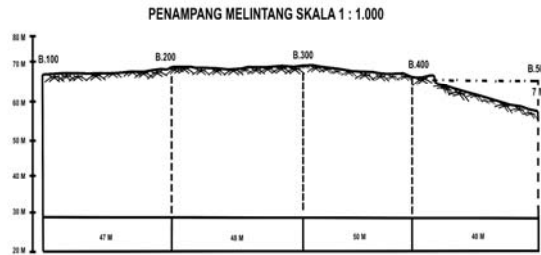
4. Analisa Potensi Teknis

4.1. Analisa Debit

Pengukuran debit air di dua titik/lokasi masing-masing 300 meter kearah hulu dari terjunan, dan 200 meter kearah hilir dari terjunan pada bulan Desember 2006. Berdasarkan hasil pengukuran pada dua lokasi tersebut diperoleh debit sebesar sebesar 2,14 m³/detik dan 1,8 m³/detik. Berdasarkan hasil pengukuran debit sesaat tersebut ditentukan debit andalan (rancangan) sebesar 1 m³/detik.

4.2. Analisis Tinggi Jatuhan (*Head*)

Pada perencanaan PLTMH ini besarnya tinggi jatuhan kotoran (H) sesuai dengan data peta topografi lokasi adalah 7 m.



Gambar.4 Penampang Melintang Topografi

4.3. Daya Turbin dan Kapasitas Generator

Daya air yang mendorong sudu-sudu turbin setelah memperhatikan kerugian-kerugian pada pipa penstock maka dapat di hitung daya turbin, yaitu :

$$P = 9,8 \cdot Q \cdot H_e \cdot \eta_t$$

$$= 48,02 \text{ KW}$$

4.4. Kapasitas Generator

Dengan memperhatikan akses daya maka, dengan daya turbin sebesar 48,02 KW dapat membangkitkan generator dengan daya sebesar:

$$N_g = P \times \eta_g \times \eta_m \dots\dots\dots(2)$$

$$= 37,26 \text{ KW}$$

Dari kapasitas generator diatas maka kebutuhan listrik yang dapat di aliri pada Desa Rampah adalah :

$$\frac{N_g}{J.Rumah} = \frac{37260Watt}{80} = 465.75 \dots\dots\dots(3)$$

$$I = \frac{465,75}{220} = 2,12 \text{ A}$$

Maka dari kapasitas generator dapat di aliri listrik 2 A setiap rumah.

4.5. Analisis Diameter Pipa Pesat

Panjang pipa pesat berdasarkan analisis topografi ±40 m dan tinggi jatuhan kotor (H) = 7 meter, bahan pipa direncanakan *rolled welded steel* dengan koefisien Manning (n) = 0,012. Jika *head losses* pada pipa pesat diasumsikan sekitar 4% terhadap tinggi jatuhan kotor, diameter pipa pesat dihitung dengan menggunakan persamaan [6]:

$$D = 2,69 \left[\frac{(0,012)^2 (1)^0 \cdot 40m}{7m} \right]^{0.187} = 0.71 \text{ m} \dots\dots\dots(4)$$

4.6. Kehilangan energi pada sisi masuk pipa pesat

Pada perencanaan ini, bentuk sisi masuk pada pipa pesat adalah bentuk sisi masuk pipa pesat dengan koefisien kehilangan energi sisi masuk sebesar Ke = 0,5 dan kecepatan aliran pada pipa pesat:

$$V = \frac{4.1}{\pi \cdot 0,82^2}$$

$$V = 1,89 \text{ m/detik} \dots\dots\dots(5)$$

Sehingga kehilangan energi pada sisi masuk pipa pesat:

$$h_e = 0,5 \frac{1,89^2}{2.9,81}$$

$$h_e = 0,09 \dots\dots\dots (6)$$

4.7. Kehilangan energi akibat belokan pipa pesat

Dalam perencanaan PLTMH ini terdapat 2 belokan dengan sudut yang sama yaitu sebesar 28°. Belokan pertama terletak setelah bak penenang dan belokan kedua terletak sebelum masuk rumah pembangkit. Besarnya koefisien kehilangan energi pada belokan yang mendekati nilai 28° adalah diasumsikan 0,05, kemudian untuk menghitung kehilangan energi pada belokan, digunakan persamaan:

$$h_b = 0,05 \frac{1,89^2}{2.9,81}$$

$$h_b = 0,0084 \text{ m} \dots\dots\dots (7)$$

Sehingga kehilangan energi total akibat 2 belokan pipa pesat adalah

$$h_b = 0,017 \text{ m}$$

4.8. Kehilangan energi akibat gesekan dalam pipa pesat

Pipa pesat pada perencanaan ini dibuat dari baja dengan pertimbangan lebih kuat dan awet, berdasarkan tabel nilai kekasaran pipa, maka nilai koefisien kekasaran diambil (k) = 0,09 sehingga:

$$\frac{k}{D} = \frac{0,09}{820} = 0,00012 \dots\dots\dots (8)$$

Sehingga besarnya bilangan Reynold:

$$R_e = \frac{1,89.0,82}{0,804.10^{-6}}$$

$$R_e = 1,93 \times 10^6 \dots\dots\dots (9)$$

Dari diagram Moody untuk $R_e = 1,93 \times 10^6$ dan $K/D = 0,00012$ didapatkan koefisien kekasaran (f) = 0,016

Sehingga kehilangan energi akibat gesekan didalam pipa adalah:

$$h_f = 0,016 \frac{40.1,89^2}{0,82.2.9,81}$$

$$h_f = 0,14 \text{ m} \dots\dots\dots (10)$$

4.9. Komponen Mekanik

4.9.1. Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya yaitu dengan menghitung kecepatan spesifik dan menggunakan tabel klasifikasi turbin.

1. Menghitung nilai kecepatan spesifik (N_s)

Kecepatan spesifik dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [5]:

$$N_s = \frac{N\sqrt{Q}}{H_e^{3/4}} \dots\dots\dots (11)$$

Sebelum menghitung nilai kecepatan spesifik putaran turbin dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned} n &= \frac{n_{11}}{D} \cdot \sqrt{H_{net}} \dots\dots\dots (12) \\ &= \frac{38}{0,3m} \cdot \sqrt{7m} \\ &= 126,7 \cdot 2,65 \\ &= 336 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Maka kecepatan spesifik:

$$\begin{aligned} &= \frac{336rpm\sqrt{1m^3 / detik}}{(7m)^{3/4}} \\ &= 78,06 \text{ rpm} \end{aligned}$$

2. Menggunakan grafik klasifikasi turbin

Berdasarkan debit dan tinggi terjunan yang tersedia, jenis turbin yang akan digunakan dapat ditentukan dengan Grafik klasifikasi turbin, dengan tinggi 6,41 m dan debit 1 m³/detik dapat digunakan dua jenis turbin, yaitu *kaplan* dan *crossflow*. Akan tetapi nilai kecepatan spesifik masuk pada klasifikasi turbin *francis*. Karena turbin *francis* tidak tersedia di Indonesia, maka alternatif turbin hanya *kaplan* atau *crossflow*. Nilai kecepatan spesifik lebih mendekati turbin *crossflow*, lagi pula apabila dilihat dari kondisi topografinya, PLTMH ini lebih cocok menggunakan **turbin crossflow**.

4.9.2. Analisis Dimensi Turbin

Dimensi turbin *cross flow* pada perencanaan ini dihitung dengan persamaan [6].

Diameter rotor pada sisi masuk turbin:

$$\begin{aligned} D_3 &= k_{u,D} \frac{\sqrt{h_f}}{n} \dots\dots\dots (13) \\ &= 39 \frac{\sqrt{6,73m}}{336rpm} \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

Diameter rotor turbin bagian dalam:

$$\begin{aligned} D_i &= \frac{2}{3} \cdot D_3 \dots\dots\dots (14) \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang runner turbin:

$$B_D = (2 \div 3,5) D_3 \dots\dots\dots (15)$$

$$= 0,11 \text{ m}$$

Tinggi sudu turbin:

$$a_D = 0,2.D_3 \dots\dots\dots (16)$$

$$= 0,06 \text{ m}$$

Lebar sudu turbin:

$$b_D = 0,9.B_D \dots\dots\dots(17)$$

$$= 0,099 \text{ m.}$$

5. Kesimpulan

Dari studi kelayakan teknis pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Rampah – Serbajadi, Aceh Timur., maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

1. Berdasarkan data peta topografi diperoleh tinggi jatuhnya kotoran (H) sebesar 7 m dan debit air sebesar 1 m³/detik.
2. Daya output turbin sebesar = 48,02 KW, dengan memperhatikan akses daya maka dapat membangkitkan generator sebesar = 37,26 KW. Sehingga dapat mengaliri sekitar 80 rumah yang ada di Desa Rampah, dengan masing-masing rumah mendapat 2 Ampere.
3. Diameter pipa pesat = 0,71 m, kehilangan energi akibat gesekan dalam pipa pesat = 0,14 m, sedangkan kehilangan energi pada sisi masuk = 0,09 m, kehilangan energi akibat belokan pipa pesat = 0,0084 m, karena jumlah belokan ada 2 buah dengan sudut 28° maka kehilangan energi akibat belokan pipa pesat menjadi = 0,017 m.
4. Berdasarkan kecepatan turbin maka digunakan turbin crossflow.
5. Dimensi turbin crossflow didapat diameter rotor pada sisi masuk turbin (D_3) = 0,30 m, diameter rotor turbin bagian dalam (D_i) = 0,2 m, panjang runner turbin (B_D) = 0,11 m, tinggi sudu turbin (a_D)= 0,06 m, lebar sudu turbin b_d = 0,099 m.

6. Daftar Pustaka

1. Adam Harvey, 1993, *Micro-Hydro Design Manual*, Intermediate technology Publications.
2. Arismunandar Wiranto, 1988, *Penggerak Mula Turbin*, Penerbit ITB, Bandung
3. Dietzel, F., 1993 *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Terjemahan Dakso Sriyono, Erlangga, Jakarta.
4. Frank M. White, 1991, *Mekanika Fluida*, Edisi kedua jilid 2 Penerbit Erlangga, JL. Kramat IV No.11 Jakarta 10430 (Anggota IKAPI)
5. JICA (*Japan International Cooperation Agency*), IBEKA (Institut Bisnis dan Ekonomi Kerakyatan), *Manual Pembangunan PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro)*.
6. Munson, Bruce Roy dkk, 1994, *Fundamentals of Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
7. Olson, M.R., 1993, *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik*, Terjemahan Kantjono Widodo, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
8. Victor L. Streeter, E. Benjamin Wylie, Arko Prijono, 1986, *MEKANIKA FLUIDA*, Edisi Delapan jilid 1 dan 2, Jakarta