



Analisis Pemilihan Faktor Daya terhadap Kecepatan Putar pada Generator Turbin Air

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Muliadi Universitas Muhammadiyah Makassar muliadisuper@gmail.com	ISSN: 3026-3603 Vol. 2, No. 1 April 2024 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst
Abdul Latif Universitas Muhammadiyah Makassar latiffastabar@gmail.com	
Hafsah Nirwana Universitas Muhammadiyah Makassar	
Rizal A Duyo Universitas Muhammadiyah Makassar	

© 2024 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Muliadi, Latif, A., Nirwana, H., & Duyo, R. A. (2024). Analisis Pemilihan Faktor Daya terhadap Kecepatan Putar pada Generator Turbin Air. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2 (1), 106-115.

Abstrak

Adapun tujuan dari pada penelitian ini adalah Menganalisis terhadap. pemilihan faktor daya pada kecepatan putar pada generator turbin air Menganalisa kapasitas daya listrik yang akan dibangkitkan berdasarkan sumber daya air dan kapasitas yang tersedia. Memilih generator dan jenis turbin yang sesuai. Metode yang dipergunakan pada penelitiann ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data di Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa Propinsi Sulawesi Selatan. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah. Faktor daya yang dipilih untuk dipergunakan antara 0,85-0,90 dan untuk faktor daya beban yang baik adalah 0,95. bagi generator turbin air yang sedikit jumlah kutubnya peninggian factor daya dilihat dari segi ekonomisnya lebih baik, sehingga kecepatan putar dari generator turbin air adalah merupakan kecepatan nominal dari turbin air. Sedangkan kecepatan maksimum dari generator juga merupakan kecepatan maksimum dari turbin air. Dengan penyediaan air sebagai sumber utama pembangkit daya listrik yang sifatnya berupa bendungan kemudian ditampung pada sebuah waduk, maka PLTA Bili-Bili ini akan bekerja optimal pada daya listrik maksimal 20 MW. Kecepatan masing-masing turbin adalah : Turbin I = 600 Rpm. Turbin II - 375 Rpm. Makin besar debit air dan tinggi jatuh efektif yang didapatkan, maka daya yang dapat dibangkitkan untuk tiap-tiap unit turbin dan generator adalah : Turbin I = 5,6 MW. Turbin II = 13,2 MW. Generator I = 5,046 MW. Generator II = 11,887 MW Kapasitas Generator yang digunakan adalah : Generator I = 5600 KVA. Generator II = 14000 KVA

Kata kunci; Faktor Daya, Generator, Turbin

Abstract

The aim of this research is to analyze. selecting the power factor for the rotational speed of the water turbine generator. Analyzing the capacity of electrical power to be generated based on water resources and available capacity. Select the appropriate generator and turbine type. The method used in this research was conducting research and collecting data in Parangloe District, Gowa Regency, South Sulawesi Province. The results obtained in this research are. The power factor chosen to use is between 0.85-0.90 and a good load power factor is 0.95. For water turbine generators that have a small number of poles, increasing the power factor from an economic perspective is better, so that the rotational speed of the water turbine generator is the nominal speed of the water turbine. Meanwhile, the maximum speed of the generator is also the maximum speed of the water turbine. By providing water as the main source of generating electrical power in the form of a dam and then storing it in a reservoir, the Bili-Bili hydroelectric power plant will work optimally at a maximum electrical power of 20 MW. -each turbine is: Turbine I = 600 Rpm. Turbine II - 375 Rpm The greater the water discharge and effective fall height obtained, the power that can be generated for each turbine and generator unit is: Turbine I = 5.6 MW. Turbine II = 13.2MW. Generator I = 5.046 MW. Generator II = 11,887 MW Generator capacity used is: Generator I = 5600 KVA. Generator II = 14000 KVA

Keywords: Power Factor, Generator, Turbine

A. Pendahuluan

Bendungan serba guna Bili-bili dibangun atas dasar beberapa pertimbangan teknis, yang dalam kenyataannya akan memberikan suatu dampak yang sangat besar terhadap pengendalian banjir. Kerugian setiap tahun yang dialami kota Makassar adalah akibat dan banjir.

Untuk mengatasi hal tersebut telah diadakan studi awal, yang mana perlu adanya bangunan-bangunan dam sebagai pengendali banjir dan penyediaan air minum disamping itu juga direncanakan akan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Air.

Adapun fungsi dari pembangunan bendungan Bili-bili, yaitu :

1. Untuk meningkatkan kesejahteraan penduduk kota Makassar serta untuk keperluan air irigasi di Kabupaten Gowa dan sekitarnya.
2. Penyediaan air minum dan air untuk industri sampai kebutuhan untuk kota Makassar sebesar 3.300 liter/detik.
3. Untuk objek pariwisata dan perikanan darat.

Disamping ketiga fungsi tersebut di atas pada bendungan Bili-bili ini sedang dibangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang mana hal tersebut akan menjadi obyek dari penulisan tugas akhir ini. Lokasi bendungan serba guna Bili-bili, terletak \pm 30 km di sebelah timur kota Makassar tepatnya di Kecamatan Parangloe Kabupaten Gowa Propinsi Sulawesi Selatan. Area bendungan mencakup daerah tangkapannya seluas 384,40 km² dengan elevasi air seluas 103,00 km. Sebagai pembangunan bendungan ini adalah relokasi jalan Malino sepanjang 16,20 km.

Dari tahap pembangunan waduk dibagi dalam IV paket, dimana merupakan perencanaan fisik yang pembangunannya dimulai pada tahun anggaran 1992/1993. Keempat paket tahap pembangunan tersebut adalah

- Paket I : Relokasi Jalan Malino.
- Paket II : Pekerjaan terowongan/bangunan pengelak.
- Paket III : Pekerjaan bendungan dan
- Paket IV : Pekerjaan bendungan fasilitas.

Dalam hal mengenai pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), sebelumnya masih dalam penanganan pihak OECF dari Jepang bersama-sama dengan Pihak Departemen Pekerjaan Umum, tetapi sekarang sudah dilimpahkan ke pihak PLN, dalam hal ini Proyek Induk Pembangkit Hidro dan transmisi Sulawesi Selatan.

Dengan dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) pada proyek bendungan serba guna Bili-bili, maka dalam penulisan tugas akhir ini penulis akan menganalisa mengenai kapasitas daya yang dibangkitkan oleh pembangkit listrik tersebut, dimana yang kami tinjau adalah kapasitas air yang tersedia untuk pembangkitan tenaga listrik.

Adapun nantinya produksi tenaga listrik ini sebagian akan dikonsumsi sendiri dan sebagian akan disuplai ke masyarakat melalui sistem jaringan interkoneksi baik yang sudah ada maupun yang akan direncanakan.

B. Metodologi

Lokasi Penelitian dilaksanakan di Desa Bili-bili, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Adapun panjang lokasi penelitian yang dilakukan 750 m sepanjang Bendungan Bili-bili.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Metode yang digunakan diketahui bahwa kuantitatif mengumpulkan informasi dari lapangan dan menganalisis data untuk menarik kesimpulan dari penelitian ini.
2. Metode pengumpulan data ialah cara yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara, observasi secara langsung, pengumpulan data (dokumentasi).

C. Hasil dan Pembahasan

1. Data Teknis PLTA Bili-Bili

Jenis bendungan yang dipergunakan pada proyek serba guna Bili-Bili adalah bendungan urugan batu dengan inti terpusat. Dengan jenis dan type bendungan seperti ini bendungan Bili-Bili berfungsi serba guna.

Adapun data bendungan Bili-Bili adalah sebagai berikut:

1. Bendungan utama:
 - Tinggi : 73,00m
 - Panjang : 750,00m
 - Lebar puncak : 10,00 m
 - Elevasi puncak : + 106,00m
 - Volume timbunan: 2.760.000 m³
2. Bendungan sayap kiri:
 - Tinggi : 42,00 m
 - Panjang : 646,00 m
 - Lebar puncak : 10,00 m
 - Elevasi puncak : + 106,00 m
 - Volume timbunan: 1.470.000 m³
3. Bendungan sayap kanan:
 - Tinggi : 52,00 m
 - Panjang : 412,00m
 - Lebar puncak : 10,00 m
 - Elevasi puncak : + 106,00 m

- Volume timbunan: 1.060.000 m³
- 4. Bangunan Pelimpah (Spillway):
 - Debit Rencana (Inflow) : 3.800,00 m³/dtk
 - Probable Maximum Flood (PMF)
 - Lebar Spillway pada EL + 91,50 m : 70,00 m
 - Lebar pintu pada EL + 91,80 m: 14,00 m
 - Panjang Spillway seluruhnya : 3.9720 m
 - Panjang jembatan: 97,40 m

Pada proyek pembangunan PLTA Bili-Bili terdapat dua buah terowongan (tunnel), tunel pertama berfungsi mengalirkan air untuk pembangkit listrik yang selanjutnya akan dipergunakan untuk keperluan irigasi, air minum dan keperluan lainnya. Sedang tunel kedua berfungsi untuk mengalirkan air apabila suatu waktu tunnel pertama mengalami perbaikan.

Disamping dua buah tunnel yang ada, juga terdapat sebuah intake (pintu pengambilan). Dan gambar lampiran (2) pintu pengambilan berbentuk mulut lonceng. Pada proyek PLTA Bili-Bili ini, tangki pelepas tekan yang berfungsi menyerap pukulan air pada pipa pesat tidak diperlukan, karena pada bendungan ini berfungsi sebagai pelepas tekan. Panjang terowongan yang berfungsi untuk menyalurkan air guna keperluan pembangkit listrik, irigasi dan air bersih adalah 340 m.

Dalam hal keperluan pembangkit tenaga listrik, pada ujung terowongan terdapat 2 percabangan pipa yang menuju ke gedung pembangkitan (power house) yang pengaturannya dilakukan oleh pintu pengatur. Setelah air ini dipergunakan oleh turbin, maka aliran air ini dengan melalui saluran bawah menuju ke kolam pembagian dimana pada kolam pembagi ini, air akan dibagi menurut kebutuhan masing-masing, baik untuk kebutuhan air bersih, irigasi maupun industri.

2. Data Teknis Waduk

Pada bendungan serbaguna Bili-Bili, waduk berfungsi untuk menampung air sebanyak-banyaknya pada musim hujan dimana diketahui air yang berasal dari daerah hilir sungai Jeneberang dapat teratasi. Disamping itu, waduk ini juga berfungsi untuk menampung air sebagai persediaan pada musim kemarau.

Data-data mengenai waduk yang direncanakan adalah:

- Daerah tangkapan : 384,40 km²
- Elevasi Banjir Rencana (DFWL) : + 103,00 m
- Elevasi Tampungan Tambahan (SWL) : + 106,60 m
- Elevasi air normal (NWL) : + 99,50 m
- Elevasi Air Rendah : + 48,59 m
- Luas Genangan Pada SWL : 16,50 km²
- Kapasitas tampungan : 375.000.000 m³
- Kapasitas Tampungan Efektif : 346.000.000 m³
- Kapasitas Pengendalian Banjir : 41.000.000 m³
- Kapasitas air yang akan dipakai : 305.000.000 m³
- Kapasitas untuk air minum/industri : 35.000.000 m³
- Kapasitas air untuk irigasi : 270.000.000 m³
- Volume Tampungan Sedimen : 29.000.000 m³

Air yang dipergunakan untuk pembangkit listrik tenaga air bukanlah semata-mata hanya untuk pembangkit itu sendiri, akan tetapi air yang telah dipergunakan itu akan dipergunakan kembali untuk keperluan lainnya. Jumlah air yang akan dipergunakan sepanjang tahun pada proyek serbaguna Bili-Bili adalah dengan mempertimbangkan berbagai sumber daya dalam variasi penggunaannya. Kapasitas tampungan efektif waduk serbaguna Bili-Bili ini adalah 346 juta m³ yang meliputi wilayah seluas 16,50 km².

Adapun variasi penggunaan bendungan serba guna Bili-Bili adalah:

1. Untuk keperluan irigasi tersedia air dengan kapasitas 270 juta m³, dimana telah menjadi hasil studi bahwa penggunaan air pada musim kemarau yang terbesar dan terendah pada musim hujan.
2. Untuk kebutuhan air bersih/industri tersedia air dengan kapasitas 35 juta m³.
Dalam hal ini PLTA menggunakan air yang akan dilewatkan untuk keperluan irigasi dan air bersih yang melalui turbin. Berdasarkan desain bendungan Bili-Bili, pintu pengambilan air direncanakan berukuran 3,7 x 5,2 m. berdasarkan dari ukuran intake ini, maka debit air yang dapat dilalui adalah 44,8 m³/dtk.

3. Perhitungan Tinggi Jatuh Efektif

Dari persamaan (2) dapat diketahui tinggi jatuh efektif dengan persamaan $H_{\text{efektif}} = h_t - h_l$.

Tinggi jatuh total (HT) adalah selisih tinggi jatuh dari permukaan air normal (NWL) dengan tinggi elevasi air saluran bawah.

Dari lampiran gambar (3) tinggi NWL adalah 99,50 m dan elevasi saluran bawah LWL adalah 48,59 m, maka:

$$\begin{aligned} HT &= H_{\text{NWL}} - H_{\text{LWL}} \\ &= 99,50 - 48,59 \text{ m} \\ &= 50,91 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan kehilangan tinggi jatuh pada saluran air (H_L) dapat dihitung dengan menghitung terlebih dahulu rugi-rugi air yang bekerja efektif:

Parameter yang digunakan sebagai dasar untuk konstanta adalah:

- Kekasaran mutlak untuk pipa baja dikeling $e = 3 \text{ mm}$.
- Konstanta (K) = 0,5

Kehilangan tinggi jatuh akibat gesekan masing-masing diameter dan panjang pipa adalah:

1. Untuk pipa baja dengan $D_0 = 3,7 \text{ m}$; $Q = 44,8 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan $L = 16,4 \text{ m}$ (lihat lampiran 4).
Kecepatan aliran dapat diketahui dari persamaan (1):

Kecepatan alirannya:

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{4 Q_0}{\pi D_0} \\ V_0 &= \frac{4 \cdot 44,8}{3,14 (3,7)^2} \\ &= 4,17 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Kekasaran nisbi e/D :

$$\begin{aligned} &= \frac{3 \text{ mm}}{3700 \text{ mm}} = 8,11 \times 10^{-4} \\ &= 0,0008 \end{aligned}$$

Koefisien gesek $f_0 = 0.0190$

2. Untuk pipa baja dengan $D_1 = 1,97 \text{ m}$; $Q_1 = 13,2 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan $L = 33,184 \text{ m}$ Kecepatan alirannya:

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{4 Q_1}{\pi D_1} \\ V_1 &= \frac{4 \cdot 13,2}{3,14 (1,97)^2} = 4,33 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Kekasaran nisbi e/D :

$$\begin{aligned} &= \frac{3 \text{ mm}}{1970 \text{ mm}} = 1,523 \times 10^{-3} \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

Koefisien gesek $f_1 = 0.0196$

3. Untuk pipa baja dengan $D_2 = 2,81 \text{ m}$; $Q_2 = 33,6 \text{ m}^3/\text{dtk}$ dan $L = 47,830 \text{ m}$

Kecepatan alirannya:

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{4 Q_2}{\pi D_2} \\ V_2 &= \frac{4 \cdot 33,6}{3,14 (2,81)^2} = 5,07 \text{ m/dtk} \end{aligned}$$

Kekasaran nisbi e/D :

$$\frac{3 \text{ mm}}{2810 \text{ mm}} = 1,068 \times 10^{-3}$$

$$= 0,001$$

$$\text{Koefisien gesek}/2 = 0.0196$$

Dari hasil data dan perhitungan yang didapat diatas, kita ketahui

$$V_0 = 4,17 \text{ m/dtk}; Q_0 = 44,8 \text{ m}^3/\text{dtk}; D_0 = 3,70 \text{ m}; L_0 = 16,4 \text{ m}; f_0 = 0,1$$

$$V_1 = 4,33 \text{ m/dtk}; Q_1 = 13,2 \text{ m}^3/\text{dtk}; D_1 = 1,97 \text{ m}; L_1 = 33,184 \text{ m}; f_1 = 0,0196$$

$$V_2 = 4,17 \text{ m/dtk}; Q_2 = 31,6 \text{ m}^3/\text{dtk}; D_2 = 2,81 \text{ m}; L_2 = 47,830 \text{ m}; f_2 = 0,0196$$

Maka kita dapat menghitung kehilangan tinggi untuk turbin I dan turbin II sebagai berikut:

Dari persamaan (3) maka kehilangan tinggi untuk turbin 1 adalah :

$$H_L = 0,5 \frac{(4,17)^2}{2 \times 9,8} + \frac{4 \times 0,0196 \times 16,4 \times (4,17)^2}{2 \times 9,8 \times 3,7} + K \frac{(4,33)^2}{2 \times 9,8} + \frac{4 \times 0,0196 \times 33,184 \times (4,33)^2}{2 \times 9,8 \times 1,97} + \frac{(4,33)}{2 \times 9,8}$$

$$H_L = 0,5 \frac{17,39}{19,6} + \frac{22,37}{72,52} + 0,5 \frac{18,75}{19,6} + \frac{48,78}{38,61} + \frac{18,75}{19,6}$$

$$H_{L1} = 0,5 + 0,31 + 0,48 + 1,26 + 0,96$$

$$H_{L1} = 3,7$$

Kehilangan tinggi untuk turbin 2 adalah :

$$H_L = 0,5 \frac{(4,17)^2}{2 \times 9,8} + \frac{4 \times 0,0196 \times 16,4 \times (4,17)^2}{2 \times 9,8 \times 3,7} + K \frac{(5,07)^2}{2 \times 9,8} + \frac{4 \times 0,0196 \times 47,83 \times (5,07)^2}{2 \times 9,8 \times 2,81} + \frac{(5,07)}{2 \times 9,8}$$

$$H_{L1} = 0,5 + 0,31 + 0,65 + 1,75 + 1,3$$

$$H_{L2} = 4,45$$

Maka tinggi efektifnya adalah :

$$H_{E1} = H_T - H_{L1}$$

$$= 50,91 - 3,7$$

$$= 47,21 \text{ m}$$

$$H_{L2} = H_T - H_{L2}$$

$$= 50,91 - 4,45$$

$$= 46,46 \text{ m}$$

4. Perhitungan Daya Dan Energi

Daya teoritis yang dapat dibangkitkan oleh PLTA Bili-Bili mengikuti persamaan (7) :

$$P = 9,8 \cdot Q \cdot H \text{ (kW)}$$

Dimana debit air (Q) = 44,8 m³/dtk dan tinggi efektifnya = 46,835 m

Maka daya teoritis yang dapat dibangkitkan adalah :

$$P = 9,8 \cdot 44,8 \cdot 46,835$$

$$= 205624,384 \text{ Kw}$$

5. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

1. Pemilihan Jenis Turbin

Untuk Kapasitas penyaluran tenaga listrik optimal ditentukan dengan debit 44,8 m³/dtk dibagi antara dua unit turbin yang berukuran tidak sama. Turbin yang lebih kecil, debit airnya adalah 13,2 m³/dtk dan turbin yang lebih besar debitnya adalah 31,6 m³/dtk

Proyek PLTA Bili-Bili memiliki variasi debit dan head sehingga type turbin dipilih berdasarkan hal tersebut. Dari korelasi tersebut dapat terlihat bahwa type pembangkit yang dapat dipilih adalah type francis dan type kaplan.

Pada waktu terjadi penurunan debit karena dalam hal ini pengoperasian Dam Bili-Bili merupakan multipurpose Dam dimana selain untuk keperluan PLTA juga dimaksudkan untuk irigasi dan air minum sehingga fungsi ketiga hal tersebut yang menentukan pengoperasian pintu air Dam. Hal ini mengakibatkan adanya waktu dimana apabila petani memerlukan air maka terjadi debit air yang besar (44,8 m³/dtk) sedang pada waktu petani kurang memerlukan air maka terjadi debit minimum yaitu pemberian hanya untuk keperluan air minum. Fluktuasi debit yang merupakan karakteristik proyek PLTA Bili-Bili, sehingga perlu dicari type turbin yang tidak terlalu terpengaruh dalam hal tersebut.

Penurunan efisiensi turbin type kaplan tidak seserius pada turbin type francis. Hal ini disebabkan pada type kaplan sudut runner dapat diatur untuk meningkatkan efisiensi

turbin pada variasi penurunan debit. Pembangkit type kaplan masih bisa beroperasi pada debit minimum 20 - 30 % sedang pada type francis debit minimum untuk dapat beroperasi adalah 30 %

Selain itu secara teoritis pemilihan jenis turbin dapat pula dilakukan dengan mempertimbangkan daya yang dapat dibangkitkan dengan tinggi jatuh bersih dan debit yang di dapat. Dari data dan hasil perhitungan yang dilakukan, di dapat hasil sebagai berikut :

- Debit air untuk turbin I (Q) = 13,2 m³/ dtk
- Debit air untuk turbin E (Q) = 31,6 m³/ dtk
- Tinggi jatuh efektif untuk turbin I (H) = 47,21 m
- Tinggi jatuh efektif untuk turbin II (H) = 46,46 m
- Efisiensi turbin yaitu 0,918

Daya yang dihasilkan oleh setiap unit turbin adalah mengikuti persamaan (8) :

$$PT = 9,8 \cdot Q \cdot \eta \cdot H \text{ (kW)}$$

Untuk turbin 1 :

$$\begin{aligned} PT_1 &= 9,8 \cdot 13,2 \cdot 0,918 \cdot 47,21 \text{ (kW)} \\ &= 5582 \text{ kW} \\ &= 5600 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Untuk turbin 2 :

$$\begin{aligned} PT_2 &= 9,8 \cdot 33,6 \cdot 0,918 \cdot 46,46 \text{ (kW)} \\ &= 13.208 \text{ kW} \\ &= 13.200 \text{ kW} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Kecepatan Turbin

Untuk mengetahui putaran nominal suatu turbin, terlebih dahulu harus diketahui daerah kecepatan jenis turbin, dimana untuk turbin Kaplan mengikuti persamaan (13):

$$\text{Untuk turbin 1 : } ns_{T1} = \frac{20000^0}{H_{E1}} + 50$$

$$\begin{aligned} ns_{T1} &= \frac{20000^0}{47,21+20} + 50 \\ &= 348 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$\text{Untuk turbin 2 : } ns_{T2} = \frac{20000^0}{H_{E2}} + 50$$

$$\begin{aligned} ns_{T2} &= \frac{20000^0}{46,46+20} + 50 \\ &= 351 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

Dengan demikian kecepatan putar untuk masing turbin mengikuti persamaan (14):

$$n = ns \frac{H^{5/4}}{P^{1/2}} = ns \frac{H^{1,25}}{P^{0,5}}$$

Maka kecepatan putar untuk :

$$\begin{aligned} \text{Turbin 1 : } n_1 &= 348 \times \frac{47,21^{1,25}}{5600^{0,5}} \\ &= 576 \text{ rpm} \\ &\approx 600 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Turbin 2 : } n_2 &= 351 \times \frac{46,46^{1,25}}{13200^{0,5}} \\ &= 370 \text{ rpm} \\ &\approx 375 \text{ rpm} \end{aligned}$$

6. Analisa Penggunaan Generator

1. Tipe Generator

Dengan mempertimbangkan daya yang akan dibangkitkan serta keefisienan dalam hal ruangan penempatan, maka generator sinkron merupakan generator yang cocok untuk digunakan dalam hal pemilihan generator untuk turbin air ini.

Generator sinkron berdasarkan arah porosnya mempergunakan generator poros tegak dengan bantalan bentuk biasa yang dilengkapi dengan bantalan poros dorong di bawah rotor. Untuk sistem pendinginan dipergunakan sistem peredaran udara

tertutup, dimana udara di dalam mesin diedarkan melalui suatu pendingin udara.

2. Perhitungan Jumlah Kutub Generator

Untuk menentukan jumlah kutub generator yang cocok pada proyek ini, menggunakan persamaan (23) yaitu:

$$f = \frac{P}{2} \times \frac{n}{60} = \frac{Pn}{120}$$

$$P_G = \frac{120f}{n}$$

dimana diketahui dari data dan perhitungan bahwa

$$f = 50\text{Hz}$$

$$N_{G1} = 600 \text{ Rpm}$$

$$N_{G2} = 375 \text{ Rpm}$$

Untuk generator I jumlah kutubnya yaitu :

$$P_{G1} = \frac{120f}{n}$$

$$P_{G1} = \frac{120 \times 50}{600}$$

$$P_{G1} = \frac{6000}{600}$$

$$P_{G1} = 10 \text{ buah (5 pasang)}$$

Untuk generator II jumlah kutubnya yaitu

$$P_{G1} = \frac{120f}{n}$$

$$P_{G1} = \frac{120 \times 50}{375}$$

$$P_{G1} = \frac{6000}{375}$$

$$P_{G1} = 16 \text{ buah (8 pasang)}$$

3. Pemilihan Faktor Daya

Faktor daya pada umumnya dipilih antara 0,85-0,90 dan untuk faktor daya beban yang baik adalah 0,95. bagi generator turbin air yang sedikit jumlah kutubnya peninggian factor daya dilihat dari segi ekonomisnya lebih baik.

Kecepatan putar dari generator turbin air adalah merupakan kecepatan nominal dari turbin air. Sedangkan kecepatan maksimum dari generator juga merupakan kecepatan maksimum dari turbin air.

4. Kapasitas Generator

Untuk Daya output PLTA adalah daya yang dikeluarkan / dihasilkan oleh generator dan turbin air.

Pada persamaan (9) daya generator adalah :

$$P = 9,8 \cdot Q \cdot n_T - n_G \cdot H \text{ (kW)}$$

Untuk generator 1 :

$$P_{G1} = 9,8 \cdot 13,2 \cdot 0,918 \cdot 0,9 \cdot 47,21 \text{ (kW)}$$

$$= 5045,67 \text{ kW}$$

Untuk generator 2 :

$$P_{G2} = 9,8 \cdot 33,6 \cdot 0,918 \cdot 0,9 \cdot 46,46 \text{ (kW)}$$

$$= 11887,15 \text{ kW}$$

Sehingga kapasitas generator (KVA Generator) dapat diperoleh dari persamaan (10), adalah :

$$P \text{ KVA}_{G1} = \frac{P_G}{\cos \Phi} \text{ dimana } \cos \Phi = 0,9 ; \text{ maka :}$$

Untuk Generator 1 ;

$$\text{KVA}_{G1} = \frac{5045,67}{0,9} = 5606,21 \text{ KVA}$$

$$= 5,6 \text{ MVA} \approx 6 \text{ MVA}$$

Untuk Generator 2 :

$$\text{KVA}_{G2} = \frac{11887,15}{0,9} = 13207,73 \text{ KVA}$$

$$= 13,208 \text{ MVA} \approx 14 \text{ MVA}$$

Maka daya yang dapat dibangkitkan secara terus menerus untuk tiap generator adalah sebagai berikut :

$$\text{Generator 1 : } 5045,67 \text{ kW}$$

$$\text{Generator 2: } 11887,15 \text{ kW}$$

Dan kapasitas generator adalah :
 Generator 1 : 5606,21 KVA \approx 5600 KVA
 Generator 2 : 13207,73 KVA \approx 14000 KVA

Tabel 2.5 Hasil analisa kapasitas daya listrik yang dapat dibangkitkan

	Unit 1	Unit 2
Daya yang dibangkitkan untuk tiap-tipa turbin :	Kaplan	Kaplan
Tipe turbin	5,6	13,2
Daya / unit (MW)	600	375
Kecepatan turbin (rpm)		
Daya yang dibangkitkan untuk tiap-tiap generator:		
Tipe generator	Poros Sinkron tegak	Poros sinkron tegak
Daya (MW)	5,046	11,887
Faktor daya	09, laging	0,9 laging
Kapasitas Generator (kVA)	5600	14000

D. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan dari hasil perhitungan tinjauan kapasitas daya listrik ini, kita dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor daya yang dipilih untuk dipergunakan antara 0,85-0,90 dan untuk faktor daya beban yang baik adalah 0,95. bagi generator turbin air yang sedikit jumlah kutubnya peninggian factor daya dilihat dari segi ekonomisnya lebih baik, sehingga kecepatan putar dari generator turbin air adalah merupakan kecepatan nominal dari turbin air. Sedangkan kecepatan maksimum dari generator juga merupakan kecepatan maksimum dari turbin air.
2. Dengan penyediaan air sebagai sumber utama pembangkit daya listrik yang sifatnya berupa bendungan kemudian ditampung pada sebuah waduk, maka PLTA Bili-Bili ini akan bekerja optimal pada daya listrik maksimal 20 MW.
3. Kecepatan masing-masing turbin adalah :
 - Turbin I = 600 Rpm
 - Turbin II - 375 Rpm
4. Makin besar debit air dan tinggi jatuh efektif yang didapatkan, maka daya yang dapat dibangkitkan untuk tiap-tiap unit turbin dan generator adalah :
 - Turbin I = 5,6 MW
 - Turbin II = 13,2MW
 - Generator I = 5,046 MW
 - Generator II = 11,887 MW
5. Kapasitas Generator yang digunakan adalah :
 - Generator I = 5600 KVA
 - Generator II = 14000 KVA

Saran

Dari uraian tulisan ini mengenai tinjauan kapasitas daya listrik yang dibangkitkan pada rencana proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) bendungan serbaguna Bili-Bili ini, dapatlah kami sarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Kelestarian lingkungan harus perlu dijaga agar sumber daya air yang merupakan kebutuhan utama dalam penyediaan bendungan ini dapat secara kontinyu.
2. Koefisien gesek pipa penyaluran perlu diperhatikan, agar menghasilkan nilai tinggi jatuh efektif yang sesuai dengan kebutuhan daya optimal yang akan dibangkitkan.
3. Pengadaan mesin-mesin utama (turbin air dan generator) sebaiknya dilakukan dengan cara pemesanan langsung dan tenaga teknis dari negara asal pembuat mesin-mesin tersebut.

E. Referensi

- Arismunandar A, S. Kuwahara, (2021). *"Teknik Tenaga Listrik"* Jilid I, Pembangkit Listrik Tenaga Air, Paradnya Paramita PT, Jakarta.
- Bahrudin A. (2021). *"Mesin Serempak"*, Djambatan, Jakarta
- Bahrudin A, *"Energi"*, Universitas Indonesia (UT-PRESS) 2021
- Dake JMK. (2020). Terjemahan P. CAhyan Endang, Pangaribuan YP, *"Hidrolika Teknik"*, Edisi Kedua, Eriangga ,
- H. Anonim. (2020). *"Bili-Bili Multipurpose Dam Project"*, Second Review Report, Volume I, II, III, CTI Engineering Co, Ltd, Oktober.
- Irawan, H. (2021). *Sistem Penguatan Dengan Sikat (Brush Excitation System) Pada Generator Unit 1 PLTU Cilacap*. Semarang: Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro.
- Heru N dan Sunaryo. (2021). *Evaluasi Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Wangan Aji Kabupaten Wonosobo*. Program Studi Teknik Elektronika, Universitas Sains Al-Qur'an.
- Loupatty, M. (2021). *Sistem Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Wamena Kabupaten Jayawijaya Propinsi Papua, 2(2)*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Musamus.
- Linsley. Ray K, Franzini B. Joseph. (2020). Terjemahan Sasongko Djoko, *"Teknik Sumber Daya Air"*, Edisi Ketiga Jilid I dan II, Eriangga
- Frank M, White, (2021). *Mekanika Fluida* Edisi Kedua Jilid I Eriangga, Jakarta.
- Pratama, F M. (2021). *Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Bantal Pada Pabrik Gula Assembagoes Kabupaten Situbondo*. Malang: Universitas Brawijaya, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro.
- Rahadi, D. R. (2021). *Manajemen Kinerja Sumber Daya Manusia*. Penerbit Tunggal Mandiri Publishing. Malang.
- Sihite, J. (2021). *Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Hutaraja Di Kecamatan Dolok Sanggul Kabupaten Humbang Hasundutan Propinsi Sumatera Utara*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara, Bidang Studi Sumber Daya Air, Departemen Teknik, Sipil Fakultas Teknik.
- Suharwanto, A. (2021). *Analisis Sistem Operasi Dan Produksi Pada Pt. Indonesia Power Ubp Mrica Sub Unit Plta Jelok-Salatiga*. Semarang: Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro