

ANALISIS PERANCANGAN DAN SISTEM PENGATURAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO SUNGAI CIASIHAN DI KABUPATEN BOGOR DENGAN PROGRAM SIMULASI CFD 10

E. Sutisna, Wibowo Paryatmo dan Damora Rakasywi
Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

ABSTRACT

The task of this study was to analyze the design of a micro hydro power plants and determine the appropriate type of water turbine convenient source of water power available and besides that analyze the control system discharge water. To determine potential sources of electrical power from the river Ciasihan survey was conducted in the river hydropower resources river of Ciasihan and height measurements falling water effectively. Rainfall data stream Ciasihan obtained from local meteorological agency to get of the relationship rainfall and river flow plus a calculation of reservoir capacity. Based on the analysis of water turbine type most suitable for use as a micro-hydro power plants on the river Ciasihan ie turbine type water cross flow turbine with water regulation system uses a hydraulic control system mechanically or using manual system.

Keywords : sumber tenaga air, discharge of water, electric power potential.

ABSTRAK

Tugas dari penelitian ini adalah menganalisa perancangan sebuah pembangkit listrik tenaga mikro hidro dan turbin air yang sesuai sumber tenaga air yang tersedia dan disamping itu menganalisa dasar-dasar pengaturannya. Untuk mengetahui potensi sumber daya listrik dari sungai Ciasihan tersebut telah dilakukan survei sumber tenaga air di Sungai Ciasihan yaitu besarnya laju aliran air dan pengukuran tinggi jatuh air efektif. Data curah hujan sungai Ciasihan diperoleh dari badan meteorologi setempat yang memiliki data curah hujan lengkap untuk mendapatkan gambaran hubungan curah hujan dan debit aliran sungai ditambah perhitungan kapasitas reservoir. Berdasarkan hasil analisa jenis turbin air yang paling sesuai untuk digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro di sungai Ciasihan yaitu turbin air jenis turbin aliran silang dengan sistem pengaturan air menggunakan sistem mekanikal atau manual.

Kata kunci: PLTMH, debit air, potensi daya listrik

PENDAHULUAN

Konsumsi akan tenaga listrik dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 7% per tahun. Sementara itu pengembangan sarana dan prasarana ketenagalistrikan khususnya penambahan

kapasitas pembangkit listrik dalam kurun waktu hanya tumbuh rata-rata sebesar 4,4% per tahun. Ketidakseimbangan antara permintaan dengan penyediaan tenaga listrik tersebut, mengakibatkan kekurangan pasokan tenaga listrik di beberapa wilayah di Indonesia.

Kebutuhan tenaga listrik di Indonesia rata-rata masih berasal dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Minyak bumi masih menduduki peringkat tertinggi, yaitu 51,66%. Gas alam menduduki tingkat kedua, yakni 28,57%. Sisanya dipasok dari energi minyak sebesar 15,34% dan energi terbarukan 4,43%. Bukan hanya energi saja yang dihasilkan dari bahan bakar fosil tetapi juga unsur gas yang mengandung karbon (C) yang menjadi salah satu penyebab meningkatnya suhu permukaan bumi.

Untuk meningkatkan mutu kehidupan dan pertumbuhan ekonomi Ketersediaan energi listrik di pedesaan sebagai salah satu bentuk energi yang siap pakai, selain untuk penerangan tentu saja akan mendorong peningkatan sarana pendidikan, kesehatan dan keamanan lingkungan serta dapat meningkatkan penyediaan lapangan kerja baru.

Kurangnya sarana pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan, serta pembangkit listrik yang masih menggunakan energi fosil membuat para peneliti mencari sumber energi listrik baru yang dapat memenuhi kebutuhan masyarakat dan ramah lingkungan.

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang sangat mungkin untuk dikembangkan di negara - negara dengan sumber air yang tersebar luas, misalnya Indonesia. Di daerah pedesaan umumnya terdapat saluran irigasi yang utama berfungsi untuk mengairi sawah dan juga berpotensi untuk digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik.

Berdasarkan identifikasi diatas, maka masalah yang dihadapi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berapakah besar potensi sumber tenaga air yang dapat dibangkitkan dari sungai Ciasihan?
2. Berapa besarkah debit air dari pengukuran di lapangan dan dari catatan curah hujan BMKG ?
3. Jenis turbin yang bagaimanakah yang sesuai dengan sumber tenaga

air yang akan digunakan di sungai Ciasihan?

4. Berapakah debit rata-rata air sungai Ciasihan berdasarkan pengukuran dan catatan curah hujan ?
5. Bagaimanakah sistem pengaturan yang akan diterapkan untuk pembangkit listrik mikro hidro di sungai Ciasihan?

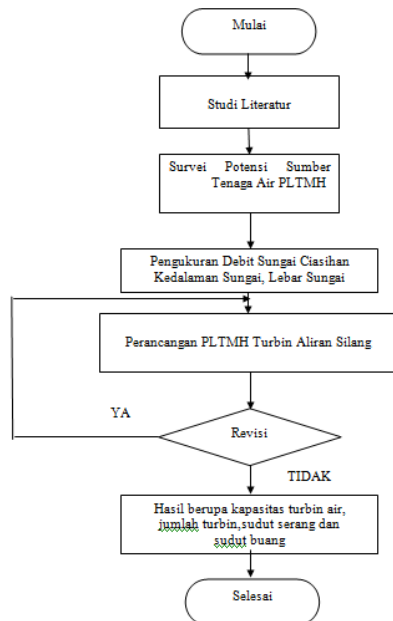
Pada sistem pembangkit listrik tenaga air skala mikrohidro di Indonesia banyak pilihan dan untuk aplikasi pada sungai Ciasihan adalah sistem turbin aliran silang. Perencanaan sistem turbin ini sangatlah penting untuk dilakukan sebelum nantinya dapat diimplementasikan pada sungai Ciasihan.

Studi potensi dan pemanfaatan air sungai Ciasihan Kabupaten Bogor ini terdapat batasan-batasan masalah yaitu :

1. Pembangkit listrik tenaga mikro hidro didefinisikan sebagai instalasi yang mampu menghasilkan daya listrik skala kecil, menggunakan tenaga aliran sungai. Model PLTMH yang biasa digunakan adalah model aliran langsung, dimana parameter yang paling utama adalah debit aliran dan nilai lereng aliran sungai.
2. Lokasi potensial untuk pembangunan PLTMH adalah lokasi yang memiliki kondisi fisik dan sosial ekonomi yang mendukung untuk pembangunan PLTMH dengan berdasarkan kajian-kajian.

Variabel kondisi fisik dalam penelitian ini adalah nilai yang diperoleh dari proses perhitungan, dengan faktor utama debit aliran sungai dan lereng aliran.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Alur kerja penelitian

Perhitungan Potensi Debit Aliran Sungai Ciasihan

Daerah penelitian untuk studi kelayakan perancangan PLTMH berada di Kecamatan Pamijahan, Kabupaten Bogor. Lokasi geografis desa Ciasihan berada pada koordinat 106.6628221 BT/6.65407 LS. Luas DAS untuk Desa Ciasihan sebesar 0.342 km² berdasarkan data dari BMKG Pos Bogor. Debit dasar aliran sungai Ciasihan dapat diketahui data kecepatan aliran dengan luas area aliran sungai. Pengukuran ketinggian kontur antara bagian hilir atau tinggi jatuh air (head) dikerjakan dengan Theodolite merek TOPCON tipe TL-20 DP.



Gambar 2 Pengukuran ketinggian jatuh air sungai Ciasihan

Tabel 1 Pengukuran luas penampang Sungai Ciasihan

Titik	Kedalaman [m]	Luas Penampang [m ²]
1	0.35	0.35
2	0.33	0.33
3	0.32	0.32
4	0.18	0.18
Luas penampang total		1.18

Tabel 2 Pengukuran kecepatan air Sungai Ciasihan

Titik	Pengukuran ke -	Waktu tempuh [s]	Kecepatan [m/s]	Kecepatan rata-rata [m/s]
0	0	0	0	0
1	1	1.92	0.52	0.55
	2	1.87	0.53	
	3	1.66	0.60	
2	1	1.56	0.64	0.61
	2	1.88	0.53	
	3	1.53	0.65	
3	1	1.59	0.63	0.43
	2	1.52	0.66	
	3	1.67	0.60	
4	1	1.64	0.61	0.65
	2	1.55	0.65	
	3	1.48	0.68	

Tabel 3 Hasil perhitungan debit air sungai Ciasihan

Titik	Luas Penampang [m ²]	Kecepatan rata-rata [m/s]	Debit Air Sungai [m ³ /s]
0	0	0	0
1	0.35	0.55	0.19
2	0.33	0.61	0.2
3	0.32	0.43	0.14
4	0.18	0.65	0.12
Debit total			0.65

Pemilihan Jenis Turbin

Parameter untuk pemilihan jenis turbin yang sesuai dengan sumber energi air yaitu berdasarkan kecepatan spesifik (n_s), kecepatan spesifik quantum (n_q), debit air dan tinggi jatuh efektif. Untuk cara lain mendapatkan jenis turbin yang dapat dibandingkan yaitu berdasarkan tabel 2.2 terlihat untuk jenis turbin yang dipilih berdasarkan net head 6.65 meter yaitu turbin aliran silang untuk net head pada range 3 s.d 250 meter dengan menggunakan perhitungan kecepatan spesifik.

Dengan menggunakan grafik pada gambar 2.13 yaitu untuk pemilihan turbin berdasarkan tinggi jatuh efektif dan debit

air maka jenis turbin yang terpilih turbin yaitu turbin aliran silang pada ketinggian 8 [m] dan debit 0.65 [m³/s]. Turbin air jenis aliran silang dipilih karena aliran silang merupakan jenis turbin yang paling cocok untuk diterapkan pada turbin kapasitas rendah. Pada pembangkit listrik skala mikro, turbin aliran silang sangat baik digunakan.

Dari kesederhanaannya jika dibandingkan dengan turbin lainnya, maka turbin aliran silang yang paling sederhana dari pembuatan jenis turbin lainnya. Dimana pembuatan jenis turbin lainnya harus melalui proses pengecoran atau tuang akan tetapi sudu gerak turbin dapat dibuat dari material baja sedang (mild steel) seperti ST 37, dibentuk dingin kemudian dirakit dengan konstruksi las.

Prinsip utama dari sebuah turbin aliran silang adalah adanya perubahan energi aliran air menjadi energi mekanik putar terjadi dua kali yaitu pada waktu air masuk silinder dan air ke luar silinder. Energi yang diperoleh dari tahap kedua adalah 20% nya dari tahap pertama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

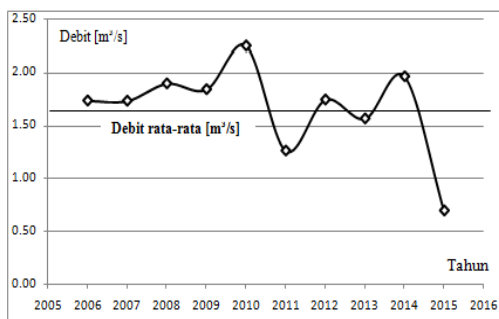
Perhitungan Daya Turbin (P_t)

$$P_t = \rho \cdot H \cdot Q \cdot \eta_h$$

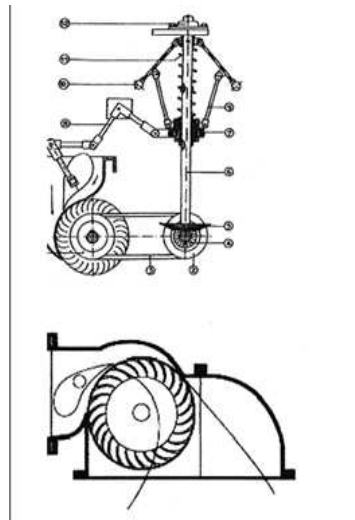
Efisiensi hidrolik diambil $\eta_h = 0.83$ ^[9].

$$P_t = 1000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] \times 8 \text{ [m]} \times 0.65 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \times 0.83$$

$$= 4,316 \text{ [kW]}$$



Gambar 2 Hidrografi rata-rata debit air sungai Ciasihan



Gambar 3 Sistem pengaturan debit air turbin aliran silang mekanis

Tabel 4 Debit air sungai Ciasihan tahun 2010

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Debit air [m ³ /s]	2,2	2,2	1,9	2,4	2,6	2,9	0,8	0	2,5	4	2,5	2,4

Debit air rata-rata diperoleh dengan mengambil jumlah debit air dalam setahun dan diambil rata-ratanya yaitu 2,2 m³/s, jika debit air besarnya diatas 2,2 [m³/s], maka kelebihanannya harus bisa ditampung di reservoir. Pengisian reservoir akan dihitung sebagai berikut :

Januari : (2 - 2,2) = -0,2 x 31 x 24 x 3600 = -482112 [m³]

Februari : (2,2 - 2,2) = 0 x 28 x 24 x 3600 = 0

Maret : (1,9 - 2,2) = -0,3 x 24 x 3600 = -25920 [m³]

April : (2,4 - 2,2) = 0,2 x 30 x 24 x 3600 = 518400 [m³]

Mei : (2,6 - 2,2) = 0,4 x 31 x 24 x 3600 = 1071360 [m³]

Juni : (0,8 - 2,2) = -1,4 x 30 x 24 x 3600 = -1814400 [m³]

Juli : (0,8 - 2,2) = -1,4 x 31 x 24 x 3600 = -3749760 [m³]

Agustus : (0 - 2,2) = -2,2 x 31 x 24 x 3600 = -5892480 [m³]

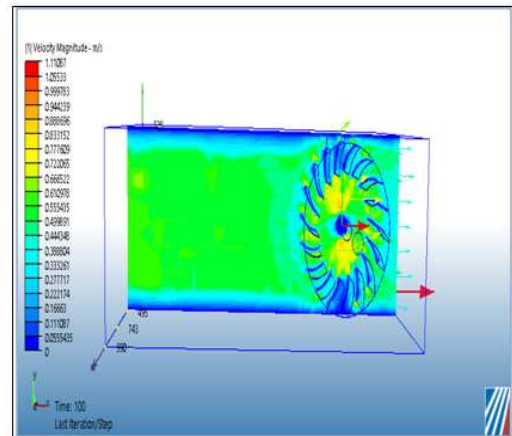
September : (2,5 - 2,2) = 0,3 x 30 x 24 x 3600 = 777600 [m³]

Oktober : (4 - 2,2) = 1,8 x 31 x 24 x 3600 = 4821120 [m³]

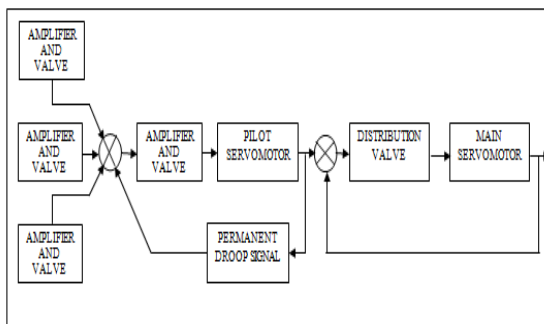
November : $(2,5 - 2,2) = 0,3 \times 30 \times 24 \times 3600 = 777600 \text{ [m}^3\text{]}$

Desember : $(2,4 - 2,2) = 0,2 \times 31 \times 24 \times 3600 = 535680 \text{ [m}^3\text{]}$

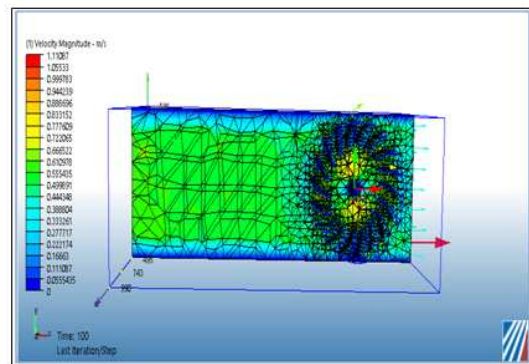
Pada perhitungan diatas tanah (+) berarti pengisian reservoir dan tanah (-) berarti pengambilan air dari reservoir. Volume reservoir harus cukup menampung air selama proses pengisian dikurangi 5% karena penggunaanya. Proses pengisian selama 7(tujuh) bulan adalah $9834060 \times 5\% = 9342357 \text{ [m}^3\text{]}$.



Gambar 6 Aliran fluida berdasarkan kecepatan air 0.56 [m/s]

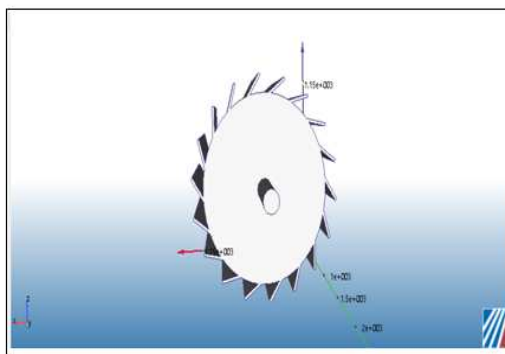


Gambar 4 Governor tachometer-accelerometric

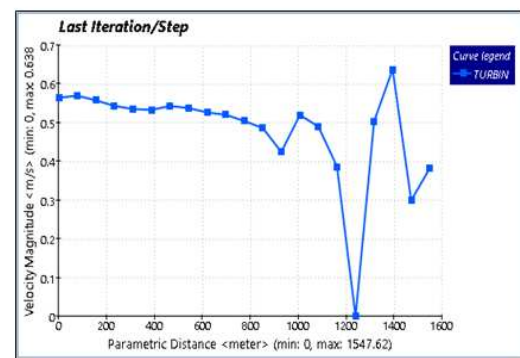


Gambar 7 Aliran fluida dengan meshing

Analisis Turbin Aliran Silang Dengan Computer Fluid Dynamic 10



Gambar 5 Simulasi sudu gerak turbin aliran silang diameter 150 [mm]



Gambar 8 Grafik kecepatan aliran fluida air

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diatas maka dapat disimpulkan hasil penelitian yang berbasiskan perumusan masalah sebelumnya yaitu antara lain :

1. Sungai Ciasihan mempunyai potensi yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan tenaga listrik skala kecil, yaitu sebesar $P_t = 25 \text{ [kW]}$.

2. Dari survei sumber tenaga air di sungai Ciasihan Bogor diketahui bahwa hasil pengukuran yaitu debit yaitu $Q = 0.65[\text{m}^3/\text{s}]$ sedangkan berdasarkan catatan curah hujan dari BMKG diperoleh debit $Q = 1.92[\text{m}^3/\text{s}]$.
3. Jenis turbin yang paling sesuai digunakan berdasarkan besar putaran spesifik $n_s=146$ dan tinggi jatuh efektif $H_n= 8$ [m] adalah turbin aliran silang.
4. Hasil-hasil utama dalam analisis perancangan turbin aliran silang yaitu antara lain diameter nominal turbin $D_i = 0.14$ [m], jumlah sudu $Z = 21$, kecepatan $n_s = 146$ dengan putaran generator $n = 750$ [rpm].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulaeman dan Ramu. Perencanaan Pembangunan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) di Kinali Pasaman Barat” Jurnal Teknik Mesin Vol 4, No. 2 Oktober 2014 90 – 96.
- [2] ESDM. (2010). “Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia. Jakarta : Center For Energy and Mineral Resources Date and Information on Energy and Mineral Resources”.
- [3] Parabelem T. D. Rompas “ Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH) pada daerah aliran sungai Ongbak Mongondow didesa Muntol Kabupaten Bolaung Mongondow” Jurnal penelitian saintek Vol 16 no 2. Oktober 2011.
- [4] IMIDAP. (2008). “Pedoman Teknis Standarisasi Peralatan dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral”.
- [5] Penche, C., & Minas, (1998). Layman’s “Guidebook on How to Develop a Small Hydro Slite. Brussel: European Small Hydropower Association”.
- [6] Dietzel, Fritz (1988). Turbin Pompa dan Kompresor. Jakarta. Erlangga
- [7] Nechleba,. (1957). “Hydraulic Turbines Their Design and Equipment”.
- [8] Wibowo, Paryatmo. Turbin Air. (2007). Graha Ilmu. Yogyakarta.
- [9] Sri Sukamta, Adhi Kusmantoro “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro hidro (PLTMH), Jantur Tabalas Kalimantan Timur”, Jurnal Teknik Elektro Vol 5, No. 2, Juli – Desember 2013.
- [10] Anya P, (1997),”Pembangkit Listrik Mikro Hidro. Bandung : ITB
- [11] PT PLN. (2010). “Statistic PLN 2015. Jakarta: PT PLN”.
- [12] H. Kurt Y. Aslan. (2013). Optimization of Power Output of Micro Hydro Power Station Using Fuzzy Logic Algorithm. IJTPE International Journal. Vol. 5, No 1. Turki.
- [13] Bilal Abdullah Nasir. (2014). Suitable Selection of Components for Micro Hydro Electric Power Plant. Journal of Advances in Energy and Power. Vol. 2, No.1. Kirkuk Iraq.
- [14] Yong Do Choi, Jae-Ik LIM, You-Tak KIM, Young-Ho Lee. (2008). Performance and Internal Flow Characteristics of a Cross-Flow Hydro Turbine by the Shapes of Nozzle and Runner Blade. Journal of Fluid Science and Technology. Korea Maritime University. Vol.3, No.3.
- [15] Junichiro Fukutomi, Rei Nakamura. (2005). Performance and Internal Flow of Cross-Flow Fan with Inlet Guide Vane. JMSE International Journal series B. Vol. 48. No. 4.