

**Evaluasi Debit Terhadap Kebutuhan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro
Sungai Cisanggiri Kecamatan Cihurip**

Sulwan Permana*¹, Ari Asmedi Candra²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Garut
Jl. Mayor Syamsu No. 1 Jayaraga Garut 44151 Indonesia

Submitted : 08, September, 2022;

Accepted: 06, Maret, 2023

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Cisanggiri adalah pembangkit listrik yang terletak di Kecamatan Cihurip Kabupaten Garut Jawa Barat. Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro ini merupakan energi potensial yang berasal dari air kemudian diubah menjadi energi listrik dengan daya 100 Kv sampai dengan 10 *MegaWatt*. Sungai Cisanggiri ini dalam pemanfaatannya memiliki beda tinggi *head* elevasi kontur tanah ± 114 m sehingga layak digunakan untuk membangun pembangkit listrik. Hal ini terbukti dengan dibangunnya PLTM Cisanggiri yang memiliki kapasitas daya listrik 1.5x2 *MegaWatt*, namun kapasitas keluaran daya listrik ini belum maksimal, sehingga PLTM Cisanggiri ini perlu di evaluasi kembali untuk mengetahui keluaran daya listrik maksimalnya. Evaluasi perhitungan ini dilakukan berdasarkan layout design existing yang telah dibangun sebelumnya serta data klimatologi yang terdapat di area sekitar DAS Cisanggiri. Kemudian dievaluasi untuk mengetahui apakah permasalahan yang membuat PLTM Cisanggiri ini tidak maksimal. Debit yang dihitung merupakan debit andalan atau debit ketersediaan yang dihitung berdasarkan metode FJ Mock dengan probabilitas Q85% menggunakan data hujan 10 tahun. Kemudian perhitungan selanjutnya mencari kehilangan energi (*headlosses*) pada sistem bangunan PLTM Cisanggiri dan daya listrik yang dihasilkan. Hasil dari perhitungan didapat debit ketersediaan pada sungai Cisanggiri sebesar $7.82 \text{ m}^3/\text{s}$, dengan kehilangan energi (*headlosses*) yang telah dihitung berdasarkan kehilangan energi pada gesekan penampang saluran, *headrace*, pembesaran dan pengecilan penampang, *trashrack* dan *penstock* sebesar 1.45452 m. Kemudian setelah itu dievaluasi perhitungan daya keluaran listrik maksimal yang dapat dihasilkan PLTM Cisanggiri ini yakni sebesar 5.7 *MegaWatt*.

Kata Kunci : Debit; Daya listrik; PLTM Cisanggiri; Sungai Cisanggiri

Abstract

The Cisanggiri Mini Hydro Power Plant (PLTM) is a power plant located in Cihurip District, Garut Regency, West Java. This Mini-hydro Power Plant is potential energy that comes from water which is then converted into electrical energy with a power of 100 Kv to 10 MegaWatt. The Cisanggiri River in its utilization has a different elevation head elevation of the land contour + 114 m so that it is suitable to be used to build a power plant. This is proven by the construction of the PLTM Cisanggiri which has an electric power capacity of 1.5x2 MegaWatt, but the output capacity of this electric power is not maximized, so that the PLTM Cisanggiri needs to be re-evaluated to find out the maximum power output. The evaluation of this calculation is carried out based on the existing layout design that has been built previously as well as climatological data found in the area around the Cisanggiri watershed. Then evaluated to find out whether the problems that make the PLTM Cisanggiri not optimal. The calculated discharge is the mainstay discharge or the availability discharge which is calculated based on the FJ Mock method with a probability of Q85% using 10 years of rain data. Then the next calculation looks for energy losses (headlosses) in the Cisanggiri PLTM building system and the electrical power generated. The results of the calculation show that the availability discharge in the Cisanggiri river is 7.82 m³/s, with energy losses (headlosses) which have been calculated based on energy losses in channel cross-section friction, headrace, cross-section enlargement and reduction, trashrack and penstock of 1.45452 m. Then after that, the calculation of the maximum power output that can be produced by the Cisanggiri PLTM was evaluated, it was obtained at 5.7 MegaWatt.

Keywords : *Discharge, Electricity, PLTM Cisanggiri, Cisanggiri River*

A. PENDAHULUAN

Daerah aliran sungai adalah suatu daerah kuasa sungai yang menjadi alur pengatur utama (Fuady & Azizah, 2008). Dimana sungai Cisanggiri merupakan sungai yang terletak di selatan kabupaten Garut yang memiliki hulu di kecamatan Cikajang dan bermuara di Samudera Hindia/Indonesia. Sungai Cisanggiri memiliki debit dan elevasi kontur yang tinggi ± 114 m, perbedaan elevasi ini ditinjau dari mulai bangunan *intake* sampai *power house* (Global Mapper, 2022). Sehingga bisa dimanfaatkan untuk membangun PLTM yang bisa digunakan untuk kebutuhan sumber daya listrik masyarakat. Hal ini dibuktikan dengan di bangunnya PLTM

Cisanggiri dengan kapasitas daya pembangkit listrik 1.5x 2 *MegaWatt*. Namun, walaupun demikian kapasitas keluaran daya listrik ini belum maksimal. Sehingga bangunan Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) ini perlu dievaluasi kembali. Dengan ini penulis akan mengevaluasi berapa jumlah debit air sungai Cisanggiri yang dihasilkan dan akan menghitung kehilangan energi (*headlosses*) kemudian penulis akan mengevaluasi berapa daya listrik maksimal yang dapat dihasilkan pada PLTM Cisanggiri ini dari debit sungai yang telah diperoleh. Penelitian tentang debit sungai Cisanggiri ini dilakukan dengan menggunakan data klimatologi dan curah hujan sebagai evaluasi dari

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM) Cisanggiri.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Analisis Hidrologi

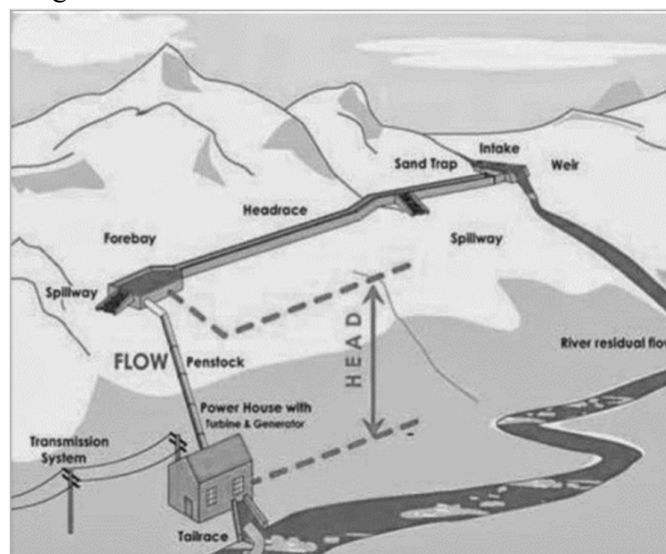
Data curah hujan yang di dapat dari setiap pos kemudian dihitung rata-rata curah hujan pada suatu tangkapannya atau pada suatu DAS yang kemudian disebut dengan analisis hidrologi (Hartini, 2017). Data hujan biasa nya disajikan berdasarkan harian hujan kemudian diolah menjadi hujan rencana dan digunakan untuk menghitung debit pada suatu daerah aliran sungai. Data hujan harian didapatkan dari beberapa stasiun di sekitar lokasi rencana tangkapan, dimana stasiun tersebut masuk dalam daerah pengaliran sungai. Adapun langkah-langkah dalam analisis hidrologi adalah sebagai berikut:

- Menentukan Daerah Aliran Sungai (DAS) beserta luasnya.
- Menentukan luas pengaruh daerah stasiun-stasiun penakar hujan sungai.
- Menentukan hujan maksimum
- Menganalisis curah hujan rencana dengan periode ulang 10 tahun.

- Menghitung debit andalan yang ada pada DAS dengan periode 10 tahun
- Menghitung debit ketersediaan air dengan menggunakan metode FJ Mock berdasarkan data curah hujan dan perhitungan evapotranspirasi dengan Metode Penman Monteith

2. Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro

Pemanfaatan energi potensial yang berupa debit air yang diubah menjadi energi listrik yang kemudian sering disebut PLTA (Panche, 2004). PLTA memiliki beberapa jenis yang dibedakan dengan daya listrik yang dihasilkan dari mikro sampai PLTA skala besar. Pembangkit listrik tenaga mini hidro adalah salah satu jenis PLTA yang memiliki daya di atas 100 KV sampai 10 megawatt. Proses penghasilan daya pada pembangkit listrik ini sangat sederhana yakni dengan cara menjatuhkan air dengan daya tekan yang variatif untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya listrik.



(Sumber : <http://parlilitan.blogspot.com>)

Gambar 1. Skema pembangkit listrik tenaga minihidro

3. Kehilangan Energi (Headlosses)

Pada suatu sistem saluran baik itu saluran terbuka maupun tertutup pada bangunan air pasti akan menghasilkan kehilangan energi (Triatmodjo Bambang, 2008). Hal tersebut bisa terjadi dikarenakan beberapa hal salah satunya gesekan, belokan, *trashrack*, dan pembesaran penampang. Pada setiap bangunan dengan skema saluran baik itu plumbung atau saluran terbuka akan memiliki kehilangan energi karena perbedaan dimensi jenis saluran yang dipakai dan perbedaan fungsi dan elevasi bangunan. Berikut ini adalah persamaan *head* efektif berdasarkan kehilangan *energy* sebagai *safety factor*

$$Nett\ Head = Gross\ Head - Kehilangan\ Energi$$

4. Daya Terbangkit

Besarnya daya yang dapat dihasilkan suatu pembangkit yang kemudian bisa diukur oleh satuan tertentu dan dapat digunakan oleh masyarakat itu merupakan pengertian dari daya terbangkit (Mahendra et al., 2013).

Berikut ini adalah persamaan yang dapat dipakai untuk menghitung daya keluaran listrik pada PLTM:

$$P_{net} = \rho \times g \times Q \times H_e \times E_o$$

Dimana:

$$H_e = H_{gross} - \sum h_l$$

$$E_o = E_{turbin} \times E_{generator} \times$$

$$E_{drivesystem} \times E_{line} \times$$

$$E_{transformer}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air } Kg/cm^2$$

$$H_{gross} = \text{Head yang ada pada PLTM}$$

$$\sum h_l = \text{Jumlah total headloss yang ada}$$

$$P_{net} = \text{Daya bersih yang dapat dibangkitkan (kW)}$$

$$Q = \text{Debit air (m}^3/\text{s)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi, } 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$H_e = \text{Head efektif (m)}$$

$$E_o = \text{Efisiensi dari sistem}$$

$$E_{turbin} = 0,70 \sim 0,85 \text{ (tergantung dari jenis turbin yang dipakai)}$$

$$E_{generator} = 0,80 \sim 0,95 \text{ (tergantung dari kapasitas generator)}$$

$$E_{drivesystem} = 0,97$$

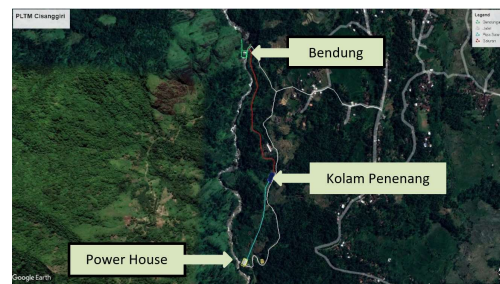
C. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode penelitian kuantitatif. Dimana metode penelitian ini banyak berhubungan dengan angka. Selain itu, metode penelitian ini menyajikan sebuah fakta dalam mengembangkan konsep maupun pemahaman dan menunjukkan hubungan antar variabel.

1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada daerah aliran sungai Cisanggiri yang mencakup area PLTM Cisanggiri dengan luas daerah aliran sungai 152 km² (opendata.jabarprov.go.id), berlokasi di

Dusun Tajur, Desa Mekarwangi, Kecamatan Cihurip, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat.



(Sumber : Google Earth, 2022)

Gambar 2. Lokasi penelitian

2. Pengumpulan Data

a. Data primer

Data primer yang diperoleh adalah merupakan gambar langsung dari lapangan berupa foto, pengamatan, pengukuran dan informasi wawancara terhadap masyarakat.

Data-Data primer yang diperlukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Survey kondisi aliran sungai
2. Dokumentasi lokasi penelitian
3. Kondisi debit sungai saat hujan tinggi yang berasal dari wawancara kepada masyarakat sekitar sungai Cisanggiri.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang tidak secara langsung menyampaikan data kepada pengumpul data, tetapi melihat orang lain atau dengan dokumen (Martono, 2014).

Data-data sekunder yang diperlukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan

Data berasal dari data curah hujan yang tercatat di stasiun curah hujan dan berada dalam sekitaran cakupan area DAS Cisanggiri. Data hujan yang tersedia yakni dari tahun 2011 sampai dengan 2021 yang ada pada stasiun Pameungpeuk dan Cikajang

2. Data Iklim/Klimatologi

Data berasal dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) berupa data lama

penyinaran matahari, kelembaban udara, temperatur udara rata-rata harian dan kecepatan angin. Data tersebut merupakan data harian dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2021.

3. Peta Wilayah dan Peta Geologi

Peta wilayah dan peta geologi kabupaten Garut didapat dari *Google Earth*, yang kemudian dikonversikan menggunakan *software Global Mapper* dengan hasil sebuah kontur wilayah area PLTM Cisanggiri

4. Skema/Layout bangunan PLTM Cisanggiri yang di dapat dari *Google Earth* kemudian di gambar ulang menggunakan *software AutoCad*.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Menentukan Curah Hujan Area DAS cisanggiri

Pada perhitungan curah hujan area DAS Cisanggiri ini menggunakan metode rata - rata Al-Jabar dengan mengambil nilai rata-rata hitung (*arithmetic mean*) pengukuran curah hujan di stasiun hujan di dalam area tersebut dengan mengasumsikan bahwa semua stasiun hujan mempunyai pengaruh yang setara (Kamil, 2021).

Perhitungan nya adalah sebagai berikut:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n}$$

Tabel 1. Rata-rata curah hujan bulanan 10 Tahun DAS Cisanggiri

Tahun	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Rata-Rata Tahunan
2012	422	668	608	248	439	315	125	236	436	599	724	642	455.0
2013	445	374	392	434	396	318	270	82	30	230	430	477	323.0
2014	355	520	443	352	253	155	190	72.5	6.5	119	584	711	277.2
2015	464	293	410	415	337	105	135	10	49	188	335	580	276.7
2016	397	681	634	799	219	236	263	359	367	491	418	363	435.3
2017	346	339	476	411	143	106	73.5	5.25	62.5	512	648	353	289.4
2018	258	375	552	260	189	166	81	116	275	218	530	310	277.3
2019	409	335	419	385	149	69.5	81.5	5	57	145	260	336	220.9
2020	456	713	487	524	403	348	101	67.8	158	734	590	557	428.0
2021	343	421	224	299	121	197	163	15.5	287	247	938	626	323.2

Rata-rata per bulan	389.2	471.7	464.4	412.6	264.7	201.3	148.1	96.8	172.6	348.2	545.5	495.4
---------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------

2. Analisis Evapotranspirasi

Setelah menganalisis data yang dibutuhkan maka perhitungan selanjutnya adalah analisis nilai evapotranspirasi, untuk perhitungannya menggunakan perhitungan dengan metode Penman Monteith. Dalam penelitian ilmiah kali ini, Penulis menggunakan satu metode, dimana perhitungan dilakukan pertahun selama periode 10 tahun. Maka hasil dari

perhitungan nilai ET_0 dapat dilihat pada lampiran dan tabel dibawah:

Berikut perhitungan ET_0 berdasarkan rumus Penman Monteith di daerah Indonesia (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2012) adalah sebagai berikut:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_s + e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}$$

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan evapotranspirasi harian DAS Cisanggiri

Bulan	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total	Max	Min	Rata-Rata
Jan	3.668	4.058	3.544	3.786	3.728	3.944	3.431	3.919	3.576	3.227	36.881	4.058	3.227	3.688
Feb	3.990	4.184	3.797	3.981	3.604	3.606	4.256	4.034	3.299	3.595	38.346	4.256	3.299	3.835
Mar	4.095	3.988	3.864	3.911	3.533	3.779	3.940	3.434	3.593	3.821	37.958	4.095	3.434	3.796
Apr	3.568	3.472	3.836	3.317	3.479	3.381	3.842	3.646	3.636	3.846	36.021	3.846	3.317	3.602
Mei	3.627	3.195	3.452	3.588	3.233	3.681	4.062	3.699	3.090	3.501	35.127	4.062	3.090	3.513
Jun	3.711	3.197	3.113	3.624	3.095	3.153	3.550	3.501	3.179	3.043	33.166	3.711	3.043	3.317
Jul	3.979	3.358	3.439	3.684	3.523	3.258	3.821	3.701	3.247	3.480	35.492	3.979	3.247	3.549
Ags	4.465	4.639	4.024	4.019	3.957	4.288	4.021	3.767	3.446	3.556	40.182	4.639	3.446	4.018
Sep	3.979	4.862	4.694	4.384	3.734	4.145	3.795	4.107	3.666	3.652	41.016	4.862	3.652	4.102
Okt	3.992	5.048	4.568	4.843	3.349	3.538	4.089	4.062	3.194	3.479	40.161	5.048	3.194	4.016
Nop	3.218	4.066	3.910	3.948	3.389	3.355	3.422	4.037	3.627	3.310	36.283	4.066	3.218	3.628
Des	3.575	3.508	3.546	3.703	3.646	3.688	3.373	3.640	3.374	3.441	35.494	3.703	3.373	3.549

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan evapotranspirasi bulanan DAS Cisanggiri

Bulan	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total	Max	Min	Rata-Rata
Jan	113.7	125.8	109.9	117.4	115.6	122.3	106.4	121.5	110.9	100.0	1143.3	125.8	100.0	114.3
Feb	111.7	117.1	106.3	111.5	100.9	104.6	119.2	117.0	92.4	104.2	1084.9	119.2	92.4	108.5
Mar	126.9	123.6	119.8	121.2	109.5	117.1	122.2	106.5	111.4	118.4	1176.7	126.9	106.5	117.7
Apr	107.0	104.2	115.1	99.5	104.4	101.4	115.2	109.4	109.1	115.4	1080.6	115.4	99.5	108.1
Mei	112.4	99.0	107.0	111.2	100.2	114.1	125.9	114.7	95.8	108.5	1088.9	125.9	95.8	108.9
Jun	111.3	95.9	93.4	108.7	92.9	94.6	106.5	105.0	95.4	91.3	995.0	111.3	91.3	99.5
Jul	123.4	104.1	106.6	114.2	109.2	101.0	118.5	114.7	100.7	107.9	1100.2	123.4	100.7	110.0
Ags	138.4	143.8	124.8	124.6	122.7	132.9	124.7	116.8	106.8	110.2	1245.6	143.8	106.8	124.6
Sep	119.4	145.9	140.8	131.5	112.0	124.3	113.9	123.2	110.0	109.6	1230.5	145.9	109.6	123.0
Okt	123.8	156.5	141.6	150.1	103.8	109.7	126.8	125.9	99.0	107.8	1245.0	156.5	99.0	124.5
Nop	96.5	122.0	117.3	118.4	101.7	100.6	102.7	121.1	108.8	99.3	1088.5	122.0	96.5	108.9
Des	110.8	108.7	109.9	114.8	113.0	114.3	104.6	112.8	104.6	106.7	1100.3	114.8	104.6	110.0

3. Debit Andalan

Debit andalan dapat diukur menggunakan alat bernama AWLR (*Automatic Water Level Record*), alat ini biasa tersedia di berbagai aliran sungai besar (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2015), Namun di daerah penelitian alat tersebut tidak tersedia. Oleh karena itu diperlukan perhitungan untuk mengetahui besaran debit yang mengalir dengan metode FJ Mock, yaitu metode yang sering digunakan di Indonesia. Hasil perhitungan debit sungai Cisanggiri dengan menggunakan metode FJ Mock terdapat pada lampiran Debit sungai yang di dapat per bulan pada satu tahun kemudian dihitung rata-rata

debit sungai yang terjadi pada satu tahun. Selanjutnya debit sungai rata-rata per-tahun diurutkan dari nilai terbesar hingga terkecil untuk di cari Q85% yang sebelumnya telah diketahui debit dicari dengan cara interpolasi. Berikut ini adalah perhitungan interpolasi untuk mencari debit andalan.

Diketahui : $Q_{81.82\%} = 8.33 \text{ m}^3/\text{s}$

(debit Sungai Cisanggiri tahun 2018)

$Q_{90.91\%} = 6.87 \text{ m}^3/\text{s}$ (debit Sungai Cisanggiri tahun 2019)

Penyelesaian :

Menggunakan cara interpolasi

$$Q_{85\%} = 8.33 - \left(\frac{85-81.82}{90.91-81.82} \right) \times (8.33 - 6.87)$$

$$Q_{85\%} = 7.82 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 4. Debit andalan sungai Cisanggiri

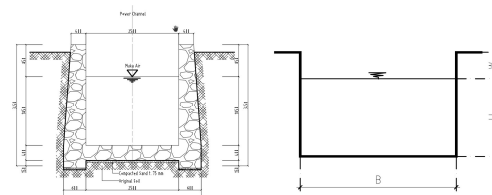
No	Tahunan Sebelum diurutkan	Debit Sebelum diurutkan (m^3/dt)	Probabilitas %	Tahun Setelah diurutkan	Debit Setelah diurutkan (m^3/dt)	Keterangan
1	2012	14.58	9.09	2016	14.58	
2	2013	10.14	18.18	2012	14.21	
3	2014	10.09	27.27	2020	14.17	
4	2015	8.69	36.36	2014	10.48	
5	2016	14.17	45.45	2021	10.14	
6	2017	9.41	54.55	2013	10.09	
7	2018	8.33	63.64	2017	9.41	
8	2019	6.87	72.73	2015	8.69	
9	2020	14.21	81.82	2018	8.33	7.82 Q andalan - 85 %
10	2021	10.48	90.91	2019	6.87	
11			100.00			

4. Evaluasi Bangunan PLTM Cisanggiri

a. Power Channel (*Headrace*)

Desain *headrace* didasarkan pada beberapa kriteria, yaitu nilai ekonomis yang tinggi, efisiensi fungsi, keamanan, kemudahan dalam pengerjaan, kemudahan dalam pemeliharaan, dan kehilangan energi yang kecil. *Headrace* dapat dibuat dengan pipa atau dengan saluran terbuka (Badan Penerbit

Pekerjaan Umum, 2013), tergantung dari keadaan kontur daerah tersebut.



Gambar 3. Penampang saluran *headrace* (*power channel*)

Perhitungan dilakukan dengan cara coba-coba (*trial and error*) dari nilai yang telah diketahui

Cari Luas Penampang Basah (A)

$$A = B \times h$$

$$A = 2.5 \times 1.1$$

$$A = 2.75 \text{ m}^2$$

Cari Keliling Basah (P)

$$P = B + 2h$$

$$A = 2.5 + 2(1.1)$$

$$A = 4.7 \text{ m}$$

Cari Tinggi Jagaan (W)

$$W = \sqrt{0.5 H}$$

$$W = \sqrt{0.5 \times 1.1}$$

$$W = 0.74 \text{ m} / 0.75 \text{ m}$$

Cari Jari-Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{2.75}{4.7}$$

$$R = 0.58 \text{ m}$$

Mencari Kecepatan Aliran pada

Headrace (v)

$$v = \frac{7.82}{6.75}$$

$$v = 1.15 \text{ m/s}$$

Tabel 5. Tabel perhitungan dimensi saluran *headrace*

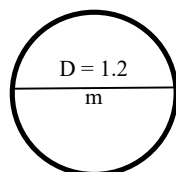
H	B	W	A	P	R	s	n	Q	V
1	2.5	0.71	2.5	4.5	0.56	0.007	0.02	7.05	2.84
1.1	2.5	0.74	2.75	4.7	0.59	0.007	0.02	8.03	2.94
1.2	2.5	0.77	3	4.9	0.61	0.007	0.02	9.03	3.03
1.3	2.5	0.81	3.25	5.1	0.64	0.007	0.02	10.05	3.11
1.4	2.5	0.84	3.5	5.3	0.66	0.007	0.02	11.09	3.18
1.5	2.5	0.87	3.75	5.5	0.68	0.007	0.02	12.14	3.25

Tabel 6. Tabel perbandingan saluran *headrace*

Perhitungan	H	B	W	P	R	A (m ²)
PLTM Cisanggiri	1.85	2.5	0.85	6.2	0.74597	6.75
Penelitian	1.1	2.5	0.75	4.7	0.58511	4.625

b. Pipa Pesat (*Penstock*)

Penstock adalah pipa yang membawa air dari *headtank* ke arah mesin turbin (Ramadon & Syuriadi, 2016). Hal penting yang perlu diperhitungkan dalam merancang suatu *penstock* adalah besarnya kehilangan energi yang mungkin terjadi. Kehilangan energi dapat terjadi karena gesekan aliran di dalam *penstock*, adanya belokan pada *penstock*, perubahan penampang aliran, dan lain-lain.



Gambar 4. Penampang pipa *penstock* PLTM Cisanggiri

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$Q = 7.82 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

Penyelesaian :

$$D = 0.72 (Q^{0.5})$$

$$D = 0.72 (7.82^{0.5})$$

$$D = 2.0134 \text{ m} / 2 \text{ m}$$

5. Perhitungan *Headlosses* Energi Minor

a. Perhitungan *Headlosses* pada *Trashrack*

Trashrack merupakan salah satu komponen dalam skema PLTM yang berfungsi untuk mencegah masuknya benda-benda terapung ke dalam skema PLTM (Widyanto, 2010). *Trashrack* pada PLTM Cisanggiri disimpan pada bak

penampang sebelum masuk pada pipa *penstock*.

$$h_t = K_t \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \left(\frac{v_0^2}{2g}\right) \cdot \sin\phi$$

Diketahui : $K_1 = 0.5$
 $b = 0.01 \text{ m}$
 $a = 0.1 \text{ m}$
 $\phi = 70^\circ$

Penyelesaian :

Mencari Headlosses pada Trashrack

$$h_t = 1.8 \cdot \left(\frac{0.01}{0.1}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \left(\frac{11.1153}{2 \times 9.8}\right) \cdot \sin 70$$

$$h_t = 0.03667 \text{ m}$$

b. Perhitungan Headlosses pada Headrace

1. Pembesaran penampang pada *sandtrap*

Pembesaran berangsur-angsur saluran terjadi pada inlet *headrace* dikarenakan penampang atas *sandtrap* lebih besar sehingga akan terjadi *headlosses* yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$h_l = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Diketahui :

$K_{20^\circ} = 0.31$
 $K_{22.5^\circ} = 0.355$ (dari interpolasi)
 $K_{30^\circ} = 0.49$

$v_{headrace} = 1.15 \text{ m/s}$

Penyelesaian :

$$h_l = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_l = 0.355 \cdot \frac{1.15^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_l = 0.02395 \text{ m}$$

Karena pembesaran penampang ada dua maka dikalikan dua, Jadi 0.0479 m

2. Pembesaran penampang pada *headphone*

Persamaan sebagai berikut :

Diketahui :

$K_{30^\circ} = 0.49$
 $K_{35^\circ} = 0.545$ (dari interpolasi)
 $K_{40^\circ} = 0.6$

$v_{headrace} = 1.15 \text{ m/s}$

Penyelesaian :

$$h_l = k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_l = 0.545 \cdot \frac{1.15^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_l = 0.03677 \text{ m}$$

Jadi total *Headlosses* pembesaran dan pengecilan saluran adalah 0.08467 m

c. Perhitungan Headlosses pada Belokan Headrace

Perhitungan *headlosses* pada belokan dapat dicari dengan rumus kehilangan energi sekunder akibat belokan pada pipa:

Diketahui :

sudut = 75°
 $kb = 0.645$
 $v = 1.15 \text{ m/s}$
 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

Penyelesaian :

$$h_l = kb \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_l = 0.645 \cdot \frac{1.15^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_l = 0.043521 \text{ m}$$

Berikut ini rekapitulasi *headlosses* belokan pada *headrace*

Tabel 7. *Headlosses* belokan pada *headrace*

Belokan	Sudut	Kb	v	g	Hl (m)
1	75	0.645	1.15	9.8	0.043521
2	15	0.0275	1.15	9.8	0.001856
3	12	0.014	1.15	9.8	0.000945
4	5	0.0175	1.15	9.8	0.001181
5	25	0.0725	1.15	9.8	0.004892
6	35	0.1175	1.15	9.8	0.007928
7	12	0.014	1.15	9.8	0.000945
8	60	0.36	1.15	9.8	0.024291

9	50	0.25	1.15	9.8	0.016869
10	85	0.835	1.15	9.8	0.056341
11	90	0.98	1.15	9.8	0.066125
12	12	0.014	1.15	9.8	0.000945
Total					0.225837

a. Perhitungan *Headlosses* pada Belokan *Penstock*

1. Perhitungan *headlosses* belokan horizontal

Diketahui

sudut = 12°

$kb = 0.014$

$v = 2.490 \frac{m}{s}$

$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$

Penyelesaian :

$h_l = kb \cdot \frac{v^2}{2g}$

$h_l = 0.014 \cdot \frac{2.490^2}{2 \times 9.8}$

$h_l = 0.004429 \text{ m}$

Berikut ini rekapitulasi *headlosses* belokan horizontal pada *Penstock*:

Tabel 8. *Headlosses* belokan horizontal pada *penstock*

Belokan	Sudut	Kb	v	g	hl (m)
1	12	0.014	2.49	9.8	0.004429
2	6	0.013	2.49	9.8	0.004112
3	10	0.005	2.49	9.8	0.001582
4	5	0.0175	2.49	9.8	0.005536
5	15	0.0275	2.49	9.8	0.008699
TOTAL					0.024358

2. Perhitungan *headlosses* belokan vertikal

Diketahui :

sudut = 29°

$kb = 0.0905$

$v = 2.49 \frac{m}{s}$

$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$

Penyelesaian :

$h_l = kb \cdot \frac{v^2}{2g}$

$h_l = 0.0905 \cdot \frac{2.490^2}{2 \times 9.8}$

$h_l = 0.028628 \text{ m}$

Berikut ini rekapitulasi *headlosses* belokan vertikal pada *Penstock*:

Tabel 9. *Headlosses* belokan vertikal pada *penstock*

Belokan	Sudut	Kb	v	g	hl (m)
1	29	0.0905	2.49	9.8	0.028628
2	7	0.0085	2.49	9.8	0.002689
3	5	0.0175	2.49	9.8	0.005536
4	7	0.0085	2.49	9.8	0.002689
ka	45	0.2175	2.49	9.8	0.068802
kc	45	0.2175	2.49	9.8	0.068802
TOTAL					0.177146

6. Perhitungan *Headlosses* Energi Mayor

Headlosses mayor dihitung berdasarkan gesekan yang terjadi pada saluran yang bergantung pada jenis saluran yang dipakai dan panjang nya.

Berikut ini perhitungan yang memakai persamaan Darcy dan Weisbach.

Mencari koefisien gesekan: f adalah 0.05 (koefisien gesek didapatkan berdasarkan diagram Moody dengan kekasaran *manning* 0.02 dan bilangan Reynold 450000) (Moody L. F., 1994), berikut adalah persamaannya :

$$h_{frikksi} = f \cdot \frac{L_{Headrace}}{D_{Headrace}} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{frikksi} = 0.05 \cdot \frac{673}{2.5} \cdot \frac{1.15^2}{2 \times 9.8}$$

$$h_{frikksi} = 0.90820 \text{ m}$$

7. Daya Terbangkit

Perhitungan ini bertujuan untuk menghitung daya listrik maksimal yang dihasilkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Cisanggiri setelah bangunan di evaluasi, debit ketersediaan di dapat, dan kehilangan energinya dihitung.

Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya daya terbangkit.

$$P_{net} = \rho \times g \times Q \times H_e \times E_o$$

Diketahui :

$$\rho = 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$g = 9.8 \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

$$Q = 7.82 \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$H_{gross} = 109 \text{ m}$$

$$E_{turbine} = 0.85 \text{ (asumsi efisiensi turbin maksimum)}$$

$$E_{generator} = 0.95 \text{ (efisiensi kapasitas generator maksimum)}$$

$$E_{drivesystem} = 0.97$$

$$E_{line} = 0.9$$

$$E_{transformer} = 0.98$$

Penyelesaian :

Mencari nilai $\sum hl$

$$\sum hl = h_{frikksi} + hl_{penstock} + hl_{headrace} + hl_{pembesaran} + hl_{trashrack}$$

$$\sum hl = 0.90820 + 0.201504 + 0.223476 + 0.08467 + 0.03667$$

$$\sum hl = 1.45452 \text{ m}$$

Mencari nilai H_e

$$H_e = H_{gross} - \sum hl$$

$$H_e = 109 - 1.45452$$

$$H_e = 107.54548 \text{ m}$$

Mencari nilai E_o

$$E_o = E_{turbine} \times E_{generator} \times$$

$$E_{drivesystem} \times E_{line} \times E_{transformer}$$

$$E_o = 0.85 \times 0.95 \times 0.97 \times 0.9 \times 0.98$$

$$E_o = 0.69084855$$

Mencari nilai P_{net}

$$P_{net} = \rho \times g \times Q \times H_e \times E_o$$

$$P_{net} = 1000 \times 9.8 \times 7.82 \times 107.54548 \times 0.69084855$$

$$P_{net} = 5693873.85604735 \text{ m}^2 \text{s}^{-3}$$

(Satuan Internasional)

$$P_{net} = 5693873.85 \text{ Watt}$$

$$P_{net} = 5.7 \text{ MegaWatt}$$

E. KESIMPULAN

Setelah melalui tahap evaluasi dan perhitungan bangunan PLTM Cisanggiri dapat diketahui mengenai pengaruh keluaran debit dan *headlosses* sungai Cisanggiri terhadap daya keluaran listrik maksimal dimana memiliki kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil perhitungan hidrologi yang telah dilakukan dengan luas DAS sungai Cisanggiri 152 km² dapat disimpulkan mengenai debit ketersediaan Q85 air di daerah *inlet* adalah 7.82 m³/s.
- Pengaruh kehilangan energi (*headlosses*) terhadap PLTM Cisanggiri cukup besar, berdasarkan perhitungan *headlosses* di bagi dua, yaitu kehilangan energi mayor dan kehilangan energi minor. Dimana total kehilangan energinya adalah sebagai berikut:
 - Kehilangan Energi Mayor

$$h_{frikksi} = 0.90820 \text{ m}$$
 - Kehilangan Energi Minor
 - Kehilangan Energi pada *Penstock*

$$hl_{penstock} = 0.201504 \text{ m}$$

2. Kehilangan Energi pada
Headrace

$$hl_{headrace} = 0.223476 \text{ m}$$

3. Kehilangan Energi pada
 Pembesaran Penampang

$$hl_{pembesaran} = 0.08467 \text{ m}$$

4. Kehilangan Energi pada
Trashrack

$$hl_{trashrack} = 0.03667 \text{ m}$$

Jadi jumlah total kehilangan energi (*headlosses*) pada PLTM Cisanggiri yaitu sebesar :

$$\sum hl = 1.45452 \text{ m}$$

3. Keluaran daya listrik maksimal ditinjau mulai dari dimensi saluran baik itu saluran *headrace* atau pipa *penstock* yang telah dievaluasi, kemudian sebelumnya juga didapat kehilangan energi atau *headlosses* sebesar 1.45452 m. Hal tersebut dikarenakan terjadi pembesaran saluran, pengecilan, belokan, gesekan pada saluran dan pada *trashrack*. Serta elevasi tinggi jatuh (*head*) 109 m dapat di hitung daya terbangkit maksimal PLTM Cisanggiri sebesar 5.7 megawatt.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penerbit Pekerjaan Umum. (2013). *KP 02:2013 Direktorat Jenderal Pengairan Standar Perencanaan Irigasi*.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2012). *SNI 7745:2012 Tata Cara Menghitung Evapotranspirasi Tanaman Acuan Dengan Metode Penman Monteith*. Standar Nasional Indonesia (SNI).
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2015). *SNI 6738:2015 Perhitungan Debit Andalan Sungai Dengan Kurva Durasi Debit*. In *Standar Nasional Indonesia (SNI)* (hal. 23).
- Fuady, Z., & Azizah, C. (2008). Tinjauan Daerah Aliran Sungai Sebagai Sistem Ekologi Dan Manajemen Daerah Aliran Sungai. *Lentera*, 6, 1–10.
- Hartini, E. (2017). *Hidrologi & hidrolika terapan*. Universitas Dian Nuswantoro.
- Kamil, M. F. I. (2021). Analisis Data Curah Hujan Yang Hilang Dengan Menggunakan Metode Rata-Rata Aljabar Dan Metode Resiprokal Di Stasiun Cibereum Kertasari, Cicalengka, Dan Ciherang. (*Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional*), 9–25.
- Mahendra, B., Mara, M., & Padang, Y. A. (2013). Perancangan Pipa Pesat, Dan Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Air Kokok Putih Desa Bilok Petung Kecamatan Sembalun Kabupaten Lombok Timur. *Dinamika Teknik Mesin*, 3(2).
<https://doi.org/10.29303/d.v3i2.80>
- Martono, N. (2014). Metode Penelitian Kuantitatif. In S. P. T. Utami (Ed.), *Metode Penelitian Kuantitatif* (Edisi Revi). Devisi Buku Perguruan Tinggi PT Raja Grafindo Persada.
- Moody L. F. (1994). *Angka Kekasaran Bahan Pipa*.
www.scribd.com:www.scribd.com/doc/Friction-Factors-for-Pipe-Flow-Moody-1944.html
- Panche, C. (2004). Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. *European Small Hydropower Association*, 296.
- Ramadan, I. M., & Syuriadi, A. (2016). Analisis Faktor Head Losses Penstock Terhadap Daya Yang Dihasilkan Di Plta Saguling. *Politeknologi*, 15(3), 239–244. POLITEKNOLOGI VOL.15
- Triatmodjo Bambang. (2008). Hidrologi Terapan. *Penerbit ANDI*, 2013–2015.
- Widyanto, S. & C. . . (2010). Perencanaan PLTA I Pada Kali Tuntang (Design

of Hydro Power Plant I on Tuntang
River). (*Doctoral dissertation, F.*
TEKNIK UNDIP), 10(1969), 1–16.



© 2023 Siklus Jurnal Teknik
Sipil All rights reserved. This
is an open access article
distributed under the terms of the CC BY Licens
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)