POTENSI SUMBER DAYA AIR UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DI BENDUNGAN BULANGO ULU - BONE BOLANGO

Aryati Alitu[1], Barry Y. Labdul[2], Dinar F. Utiarahman [3]
aryati_alitu@ung.ac.id
Universitas Negeri Gorontalo

Abstract

A dam is a construction that has the function of holding back the flow of water. Bulango Ulu Dam is a multipurpose dam which has various benefits, one of which is that it has a total watershed area of 243.19 km2 and has a height of 65.9 m. This dam is still in the construction process, in 2021 the dam construction will be 60% underway. This dam is fed by the Mongiilo River. Judging from its potential, the author will try to analyze the potential for hydroelectric power generation at the Bulango Ulu Dam. The generator design will be adjusted to the head and discharge that will be used, seen from the difference in height. The type of generator used is a hydroelectric power plant (PLTA). The design was carried out by determining the mainstay discharge of the generator at a probability of 65% with a discharge of 2 x 8.22 m3/sec. using a Francis type turbine with an effective fall height of 26.36 meters, the resulting power is 3,939.73 kW with 25.93 GWh of energy in one year.

***Keywords**: Dam, Electrical Energy , Water Discharge*

Abstrak

Bendungan merupakan suatu konstruksi yang memiliki fungsi untuk menahan laju alir air. Bendungan Bulango Ulu merupakan bendungan multipurpose yang memiliki ragam manfaat, salah satunya memiliki total luas totql daerah aliran sebesar 243,19 km^2 dan memiliki ketinggian 65,9 m. Bendungan ini masih dalam tahap proses pembangunan, pada tahun 2021 pembangunan bendungan sudah berjalan 60%. Bendungan ini dialiri dari Sungai Mongiilo dilihat dari potensinya penulis akan mencoba melakukan analisis potensi pembangkit listrik tenaga air di Bendungan Bulango Ulu. Rancangan pembangkit akan disesuaikan dengan head dan debit yang akan digunakan, dilihat dari beda ketinggiannya jenis pembangkit yang digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Perancangan dilakukan dengan menentukan debit andalan pembangkit pada probabilitas 65% dengan debit 2 x 8,22 m^3/det. menggunakan turbin tipe Francis dengan tinggi jatuh efektif 26,36 meter daya yang dihasilkan sebesar 3.939,73 kW dengan energi 25,93 GWh dalam satu tahun.

***Kata Kunci**: Bendungan, Energi Listrik, Debit Air.*

A. PENDAHULUAN

Bendungan atau *dam* merupakan konstruksi bangunan air yang berfungsi menampung dan menahan air untuk keperluan irigasi, persediaan air baku untuk air minum, industri dan perkotaan, perikanan, tempat wisata, serta pembangkit listrik. Bendungan dapat mengurangi dampak *global warming* karena merupakan salah satu sumber energi alternatif dalam hal ini sebagai pembangkit tenaga listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit yang berbasis tenaga potensial dan kinetik air untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga air memanfaatkan tenaga air sebagai sumber energi untuk menggerakan turbin kemudian menghasilkan energi listrik.

Pembangunan pembangkit listrik dapat dilakukan dengan memanfaat aliran air sungai. Salah satu sungai yang cukup berpotensi untuk dilakukannya pembangunan PLTA adalah Sungai Mongiilo, Sungai yang memiliki panjang 27,59 km dan merupakan sungai perenial yang debit airnya ada sepanjang tahun, akan tetapi mengalami fluktuasi debit pada saat musim hujan dan musim kemarau. Diperkirakan debit sungai dasar berkisar 14 m^3/dt pada kondisi musim hujan dan sekitar 9 m^3/dt pada kondisi musim kemarau. Lebar Sungai Mongiilo di lokasi rencana bendungan berkisar 25 m, ketinggian relatif dari dasar sungai sampai puncak sandaran sekitar 100-110 m (BWS Sulawesi II, 2022), dengan memanfaatkan Bendungan Bulango Ulu dengan sistem pengelolaan yang baik, selain digunakan sebagai pengendalian permasalahan banjir, irigasi, penyediaan pasokan air baku bagi masyarakat, pengembangan perikanan darat dan pariwisata Kabupaten Bone Bolango, Bendungan Bulango Ulu juga berpotensi sebagai penambah suplai energi listrik.

B. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian ini yaitu Bendungan Bulango Ulu yang berlokasi di tiga desa yaitu Desa Owata, Desa Tuloa, dan Desa Mongiilo, Kabupaten Bone Bolango. Dengan objek penelitian sumber daya air bendungan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dan dilakukan observasi selama 4 (empat) bulan.

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: data curah hujan Stasiun Hujan Dulamayo dengan pencatatan data selama 15 tahun. (2008 - 2022), data klimatologi berupa temperatur, kecepatan angin, kecerahan matahari, kelembaban relatif, data Daerah Aliran Sungai (DAS), data lengkung kapasitas tampungan Bendungan Bulango Ulu, *Layout* Pembangkit Listrik Tenaga Air Bulango Ulu.

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Analisis Hidrologi dalam penelitian ini berkaitan dengan data curah hujan, iklim dan cuaca,
2. Analisis Evapotranspirasi digunakan Metode *Penman* Modifikasi (*FAO*),
3. Analisis Simulasi Debit Metode NRECA menggunakan data hujan dari Stasiun Hujan Dulamayo selama 15 tahun (2008-2028) data luas DAS, dan data kondisi tanah

kemudian menghasilkan debit simulasi (Qsim 2008-2022). Dengan Probabilitas metode *Weibull* menghasilkan grafik *Flow Duration Curve.*

4. Analisis Tinggi Jatuh Efektif menggunakan data tinggi jatuh kotor dan kehilangan tinggi tekan,
5. Analisis Pembangkitan Energi dilakukan simulasi energi dari tahun 2008- 2022 sesuai dari data debit dengan menggunakan debit pembangkitan dengan keandalan 70%,
6. Analisis Pemilihan Turbin berdasarkan grafik dan spesifikasi turbin dengan metode ESHA,
7. Analisis Daya dan Energi menganalisis penentuan daya dan energi yang dapat dihasilkan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi dalam penelitian ini berkaitan dengan curah hujan, iklim dan cuaca. Hasil analisis evapotranspirasi tertinggi sebesar 4,60 mm/hari dan terendah sebesar 3,78 mm/hari.

2. Analisis Debit Metode NRECA

Perhitungan simulasi debit metode NRECA merupakan perhitungan pembangkitan data curah hujan menjadi debit dengan mempertimbangkan evapotranspirasi sebagai pendekatan nilai debit yang tersedia pada lokasi studi. Hasil simulasi debit bulanan selama 15 tahun (2008 – 2015) ditunjukkan pada Tabel 1,

Tabel 1. Simulasi Debit NRECA 2008 - 2022

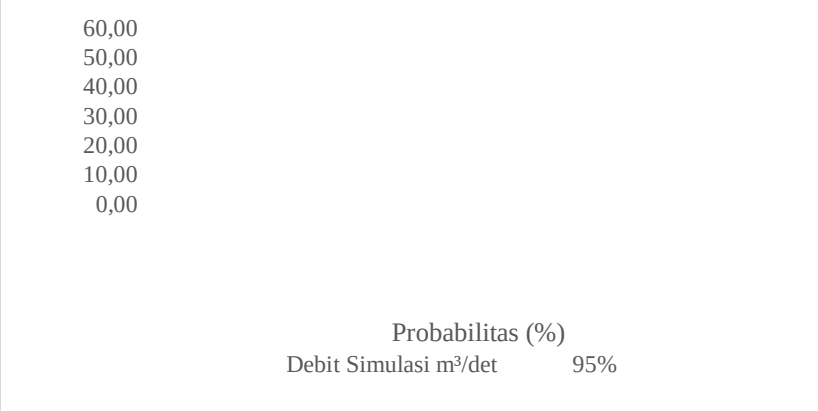
No.	Tahun	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
		Debit (m3/det)											
1	2008	22,70	6,44	2,04	16,25	15,91	37,11	23,44	10,80	7,50	2,20	6,45	46,15
2	2009	21,30	14,44	54,44	24,13	11,65	21,08	19,12	13,30	15,57	24,37	33,82	26,74
3	2010	26,87	12,19	16,19	35,16	17,57	4,04	5,23	1,08	0,39	12,19	15,55	6,98
4	2011	14,41	8,06	2,14	33,65	32,42	37,10	42,23	29,14	43,59	31,41	21,59	24,97
5	2012	19,57	30,46	25,54	22,91	17,07	9,84	3,53	0,97	0,35	17,73	14,69	16,18
6	2013	16,04	23,77	22,95	19,05	18,92	7,67	34,22	6,48	4,60	12,46	23,00	26,75
7	2014	12,87	12,38	14,86	19,96	31,99	15,48	22,56	17,48	3,64	1,23	13,04	24,15
8	2015	14,53	4,15	6,45	9,97	19,74	11,56	2,40	8,44	1,52	0,52	17,55	15,92
9	2016	12,30	10,12	2,00	8,79	20,80	18,11	3,40	1,19	0,43	9,02	20,23	6,01
10	2017	9,38	2,24	0,71	10,12	24,44	28,51	15,14	6,01	19,67	31,03	10,18	12,31
11	2018	14,50	20,46	15,23	17,40	16,65	21,60	14,72	9,12	6,57	14,08	13,97	5,35
12	2019	17,00	10,62	17,79	17,67	27,95	16,50	11,49	2,71	0,93	9,20	13,81	20,20
13	2020	10,21	3,19	4,77	9,31	8,89	9,71	2,04	0,66	0,24	4,52	5,01	18,46
14	2021	13,10	8,83	10,50	10,18	14,85	18,50	31,63	13,83	21,96	13,86	12,92	11,02
15	2022	12,24	7,30	6,88	7,31	21,69	17,16	12,54	26,21	25,62	21,16	31,89	6,48
Rerata		15,80	11,65	13,50	17,46	20,03	18,26	16,24	9,83	10,17	13,66	16,91	17,84

Hasil analisis simulasi debit tertinggi pada tahun 2009 bulan Maret sebesar 54,44 m^3/dt, sedangkan untuk debit terendah berada pada tahun 2019 bulan September sebesar 0,24 m^3/dt.

3. Flow Duration Curve (FDC)

Flow Duration Curve (FDC) atau kurva durasi aliran merupakan perhitungan yang menunjukan kumulatif debit dalam probabilitas kejadian 0 – 100 %. Sesuai dengan (PP 38, 2011) tentang sungai yaitu mengendalikan ketersediaan debit andalan 95%,

untuk pemeliharaan dan perlindungan sungai, maka hasil dari FDC harus dikurangi debit pada saat 95% yaitu sebesar 0,97 m^3/dt. Grafik FDC ditunjukkan pada Gambar 1.

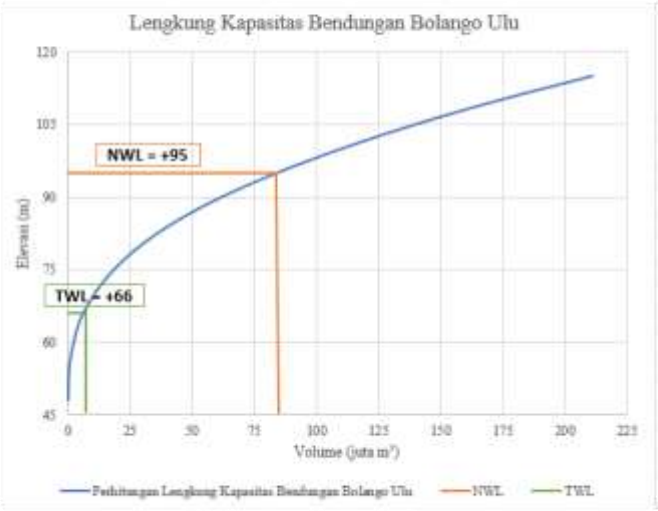


Gambar 1. *Flow Duration Curve* setelah *Maintenance Flow*

4. Analisis Tinggi Jatuh

Analisis Tinggi Jatuh Kotor

Tinggi jatuh kotor adalah perbedaan elevasi muka air normal dan *tail water level*. Elevasi muka air normal +95 dan elevasi *tail water level* +66 diperoleh dari lengkung kapasitas Bendungan Bulango Ulu yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2. Lengkung Kapasitas Bendungan Bulango Ulu

Analisis Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh efektif merupakan tinggi jatuh kotor dikurangi kehilangan tinggi jatuh. Maka tinggi jatuh efektif, Heff = 29 – 2,637 = 26,36 m. Perhitungan tinggi jatuh efektif ditunjukkan pada Tabel 2.

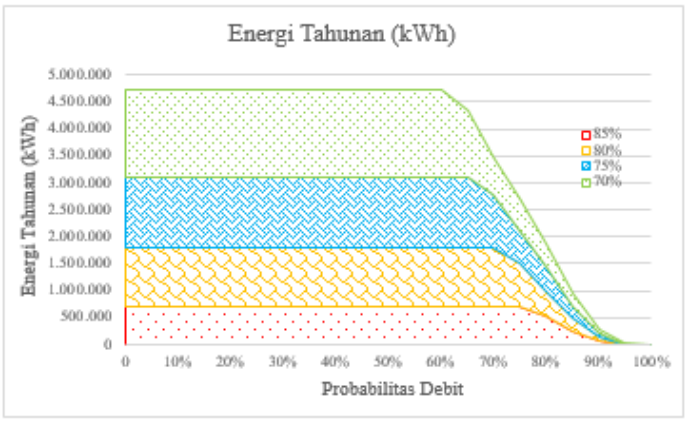
Tabel 2. Asumsi Kehilangan Tinggi Jatuh

Efektif Asumsi Kehilangan Tinggi Jatuh:			
Gesekan Saluran	=	1,2	m
Kekasaran Pipa Pesat	=	0,85	m
Saringan Pipa Pesat	=	0,018	m
Katup	=	0,25	m
Percabangan	=	0,3	m
Penyempitan	=	0,019	m
	Total	2,637	m

Berdasarkan Tabel 2, asumsi kehilangan tinggi jatuh diperoleh total kehilangan sebesar 2,637 m, tinggi jatuh efektif. *Heff* = 29 – 2,637 = 26,36 m.

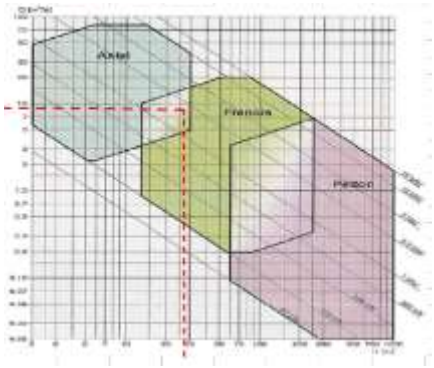
5. Analisis Debit Berdasarkan Energi Produksi Tahunan

Perhitungan penentuan debit pembangkit PLTA Bendungan Bulango Ulu dihitung dengan probabilitas 70% - 85% menggunakan 2 turbin. Grafik energi tahunan yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Energi Tahunan

Hasil perhitungan penentuan debit pembangkit berdasarkan energi produksi tahunan disimpulkan bahwa berdasarkan (Permen ESDM Nomor 12, 2017) tentang Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan untuk penyediaan listrik minimal nilai *Capacity Factor* sebesar 65%. Maka penentuan berdasarkan energi produksi tahunan dapat ditentukan yang paling efektif adalah debit pembangkit dengan keandalan



70% dengan debit 2 x 8,22 yaitu 16,44 m^3/dt.

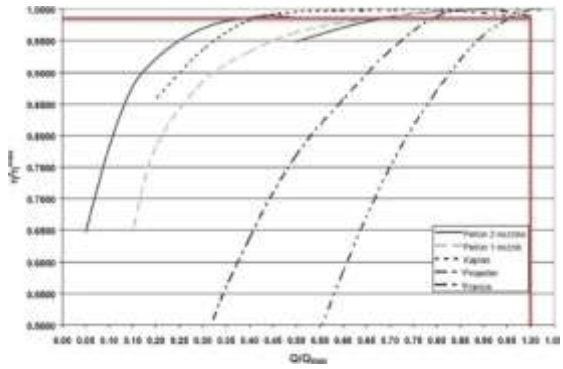
6. Analisis Pemilihan Turbin

Menentukan jenis turbin menggunakan grafik penentuan tipe turbin berdasarkan tinggi jatuh dan debit dalam 1 turbin ditunjukkan pada Gambar 4. dapat diketahui jika PLTA Bendungan Bulango Ulu memakai turbin.

Gambar 4. Grafik Pemilihan Turbin

7. Daya dan Energi

Perhitungan daya dan energi PLTA Bendungan Bulango Ulu dilakukan dengan kalkulasi energi bersih yang dihasilkan selama 1 tahun operasi PLTA. Diperoleh perhitungan daya dan energi total menunjukkan bahwa besarnya debit pembangkit dengan keandalan debit 0 - 100% dengan debit operasi tiap satu turbin adalah 8,22 m^3/dt dapat menghasilkan daya sebesar 3,939.73 kW dengan daya tiap satu turbin sebesar 1,969.86 kW dengan energi tahunan yang dapat dihasilkan sebesar 862,800.70 kWh. Apabila debit pembangkit lebih dari debit yang diperlukan turbin maka semua dapat teraliri, adapun debit terbuang jika secara keandalan debitnya dapat mencukupi kemampuan debit minimal



untuk turbin.

Menentukan nilai efisiensi turbin max didapatkan dari grafik kisaran nilai efisiensi untuk tiap jenis turbin dengan nilai Q/Q_{max} dianggap 1, maka nilai efisiensi turbin max adalah 0,97 yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Sumber: (Penche, 2004)

Gambar 5. Kisaran nilai efisiensi untuk tiap jenis turbin

Besaran daya yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Daya yang dihasilkan 1 turbin (P) = Q x μt x μg x g x he
   = 8,22 x 0,97 x 0,96 x 9,81 x 26,36 = 1,969.86 kW
2. Energi (E) = ’ ($ + &) (!"($%&)(!"$) (& *") 8760 = (.0.) (& *") 8760
   = 862,800.70 kWh

3. Debit minimal operasi *(Francis)* = $Q \cdot 0{,}4 = 8{,}22 \cdot 0{,}4. = 3{,}289\ m^3/det$

Capacity factor berdasarkan perhitungan daya dan energi total adalah sebesar 75,14% dengan total energi tahunan adalah 25,93 GWh, berdasarkan perhitungan daya dan energi total adalah sebesar 75,14% dengan total energi tahunan adalah 25,93 GWh, maka dapat diklasifikasikan berdasarkan kapasitas PLTA Bendungan Bulango Ulu ini termasuk PLTA dengan kapasitas tinggi (1001 - 10000 kW). Berdasarkan keadaan hidraulik termasuk pembangkit listrik dengan waduk (tampungan) dengan ketinggian tekanan air kelas menengah (15 – 70 m).

Klasifikasi turbin PLTA Bendungan Bulango Ulu ini menggunakan turbin hidraulik reaksi tipe *Francis* dengan aliran diagonal *(diagonal flow)* berdasarkan nilai tinggi jatuh 26,36 m dengan debit 2 x 8,22 m^3/det dan keluaran daya sebesar 3.939,73 kW dimana turbin reaksi beroperasi didalam air oleh energi dalam bentuk tekanan dan kinetik. Turbin aliran diagonal adalah turbin dimana air melewati *rotor* dengan arah diagonal menuju poros.

D. KESIMPULAN

1. Debit yang tersedia pada Bendungan Bulango Ulu untuk PLTA diperoleh sebesar 2 x 8,22 m^3/dt dengan tinggi jatuh efektif 26,36 meter menggunakan 2 turbin berjenis Francis dengan efisiensi turbin dan generator masing-masing sebesar 0,97 dan 0,96.
2. Daya dan energi diperoleh daya sebesar 3.939,73 Kw dan energi sebesar 25,93 GWh dalam satu tahun.

Saran

Saran untuk PLTA Bendungan Bulango Ulu dapat direalisasikan dengan baik dan memberikan manfaat yang optimal, hal-hal yang perlu diperhatikan:

1. Pembangunan PLTA Bendungan Bulango Ulu diharapkan agar masyarakat Desa Tuloa dan sekitarnya dapat menikmati energi alternatif terbarukan khususnya sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat melalui ketersediaan energi yang dihasilkan dari sumber energi setempat.
2. Usaha pemeliharaan lingkungan dari semua pihak agar kelestarian lingkungan sekitar PLTA tetap terjaga sehingga debit yang tersedia di lokasi sungai juga tetap terjaga.

E. Daftar Referensi

BWS Sulawesi II, 2022. *Analisis Hidrologi.* Gorontalo.

Dandekar, M. M. & Sharma, K. N., 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air.* Cet. 1 ed. Jakarta: Universitas Indonesia.

ESHA, 2004. *European Small Hydropower Association.*

JICA, 2011. *Guideline and Manual for Hydropower Development Vol. 1 Conventional Hydropower and Pumped Storage Hydropower.* s.l.:JP Design Co., Ltd.

Limantara, L. M., 2018. *Rekayasa Hidrologi.* Revisi ed. Yogyakarta: CV Andi Offset.

Lingga, I. F. S., 2020. *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pada Bendungan Lau Simeme Kabupaten Deli Serdang,* Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.

Novak, P., 2007. *Hydraulic Structures.* London: Taylor & Francis.

Permen ESDM Nomor 12, 2017. *Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik,* Jakarta.

PP 38, 2011. *Pemeliharaan Sungai,* Jakarta.

Priambodo, B. M., 2018. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Sungai Kualu Kabupaten Toba Samosir Provinsi Sumatera Utara.* Malang: Universitas Brawijaya.

Ramos, H., 2000. *Guidelines For Design Small Hydropower Plants.* Irlandia: WREAN (Western Regional Energy Agency & Network) and DED (Department of Economic Development)..

Retscreen International, 2004. *Small Hydro Project Analysis.* Canada: Minister Of Natural Resources Canada.

Yuniar, N., 2020. *Analisis Potensi Hidrologi PLTA Bendungan Batutegi Kecamatan Air Naningan Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung,* Jakarta: Sekolah Tinggi Teknik - PLN