

## **STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA) PADA BENDUNGAN BULANGO ULU KABUPATEN BONE BOLANGO**

Dinar Fauziah Utarahman\*, Barry Y Labdul, Aryati Alitu

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo

\*dinarutiarahman@gmail.com

Pemasukan: 9 Januari 2024 Perbaikan: 19 Mei 2024 Diterima: 24 Juni 2024

### **Intisari**

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 menggerakkan turbin kemudian menghasilkan energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi debit dan potensi daya dan energi yang dihasilkan pada lokasi studi. Lokasi penelitian berada di Bendungan Bulango Ulu pada Sungai Mongiilo. Data yang digunakan yaitu data sekunder berupa data curah hujan, data klimatologi, data DAS, data lengkung kapasitas, dan layout pembangkit listrik tenaga air. Metode yang digunakan dalam analisis hidrologi menggunakan metode Penman modifikasi untuk menentukan besarnya evapotranspirasi, dalam menentukan ketersediaan debit sungai menggunakan metode NRECA kemudian dilakukan perhitungan penentuan debit pembangkit PLTA, selanjutnya dilakukan simulasi energi tiap tahun. Debit pembangkit dengan keandalan 70% sebesar  $2 \times 8,22 \text{ m}^3/\text{det}$  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 dengan efisiensi turbin dan generator masing-masing sebesar 0,97 dan 0,93.

Kata Kunci: PLTA, Hidrologi, Tinggi jatuh, Daya, Energi.

### **Latar Belakang**

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 menggerakkan turbin kemudian menghasilkan energi listrik.

Pembangunan pembangkit listrik dapat dilakukan dengan memanfaatkan 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  $14 \text{ m}^3/\text{dt}$  pada kondisi musim hujan dan sekitar  $9 \text{ m}^3/\text{dt}$  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.

### Metodologi Studi

Lokasi penelitian ini yaitu Bendungan Bulango Ulu yang berlokasi di tiga desa yaitu Desa Owata, Desa Tuloa, dan Desa Mongiilo, Kabupaten Bone Bolango. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: (Google Earth, 2022)  
Gambar 1 Lokasi Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan merupakan tahap untuk melakukan studi literatur, yaitu dengan cara mengumpulkan data dan mempelajari literatur buku, jurnal, catatan kuliah maupun internet yang berkaitan dengan penelitian ini.
2. Tahap Pengumpulan Data bertujuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan dalam penelitian ini. Dalam hal ini data yang diperlukan meliputi data curah hujan, data klimatologi, data DAS, data lengkung kapasitas Bendungan dan *layout* pembangkit listrik tenaga air.
3. Tahap Analisis bertujuan untuk mengolah data-data yang dikumpulkan selama penelitian, yaitu analisis hidrologi, analisis evapotranspirasi, analisis debit, analisis tinggi jatuh, analisis pembangkitan energi, analisis pemilihan turbin, serta analisis daya dan energi.

4. Tahap akhir merupakan tahap akhir di mana tahap ini menyusun data-data dari tahap awal hingga akhir serta kesimpulan dan saran.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: data curah hujan Stasiun Hujan Dulamayo dengan pencatatan data selama 15 tahun. (2007 - 2021), 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 (2007-2021) data luas DAS, dan data kondisi tanah kemudian menghasilkan debit simulasi (Qsim 2007-2021). 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 2007- 2021 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.

## Hasil Studi dan Pembahasan

### Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai yang mengalir pada lokasi studi adalah Sungai Mongiilo yang terletak di DAS Bulango Ulu yang mempunyai luas DAS 243.190 km<sup>2</sup>. Sungai ini 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 14,0 m<sup>3</sup>/dt pada kondisi musim hujan dan sekitar 9,0 m<sup>3</sup>/dt pada kondisi musim kemarau.

### Analisis Hidrologi

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

### Analisis Debit Metode NRECA

Perhitungan simulasi debit menggunakan metode NRECA merupakan perhitungan pembangkitan data curah hujan menjadi debit dengan mempertimbangkan evapotranspirasi sebagai pendekatan nilai debit yang tersedia pada lokasi studi. Kemudian dilakukan Rekapulasi simulasi debit bulanan selama 15 tahun (2007-2015)

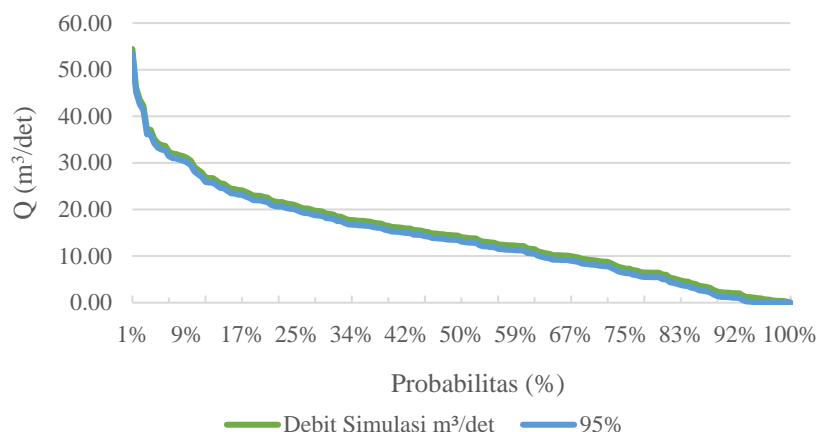
Tabel 1 Rekapulasi simulasi debit NRECA 2007 - 2021

No.	Tahun	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
<b>Debit (m<sup>3</sup>/det)</b>													
1	2007	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	2008	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	2009	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	2010	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	2011	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	2012	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	2013	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	2014	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	2015	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	2016	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	2017	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	2018	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	2019	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	2020	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	2021	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 menggunakan metode NRECA debit tertinggi untuk tahun berada pada tahun 2008 bulan Maret sebesar 54,44 m<sup>3</sup>/dt, sedangkan untuk debit terendah berada pada tahun 2019 bulan September sebesar 0,24 m<sup>3</sup>/dt.

### Perhitungan *Flow Duration Curve* (FDC)

*Flow Duration Curve* (FDC) atau kurva durasi aliran merupakan perhitungan yang menunjukkan 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<sup>3</sup>/dt. Grafik FDC ditunjukkan pada Gambar 3.



Sumber: (Hasil Perhitungan, 2022)

Gambar 2 *Flow Duration Curve* setelah *Maintenance Flow*

### 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.



Sumber: (Hasil Perhitungan, 2022)

Gambar 3 Lengkung kapasitas Bendungan Bulango Ulu

#### Analisis Tinggi Jatuh Efektif

Tinggi jatuh efektif merupakan tinggi jatuh kotor dikurangi kehilangan tinggi jatuh. Maka tinggi jatuh efektif,  $H_{eff} = 29 - 2,637 = 26,36$  m. Perhitungan tinggi jatuh efektif ditunjukkan pada Tabel 2

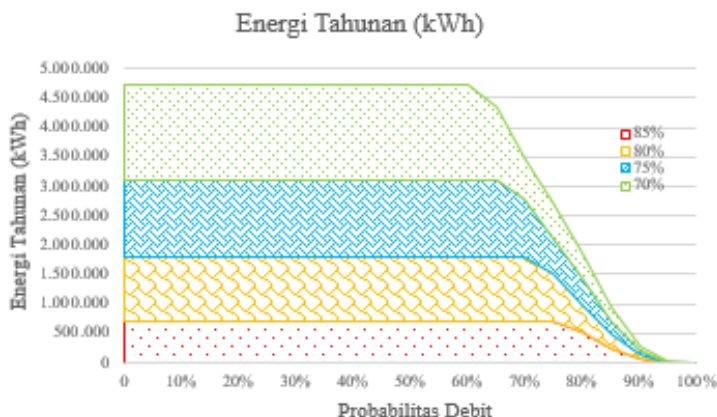
Tabel 2 Asumsi kehilangan tinggi jatuh efektif

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 asumsi kehilangan tinggi jatuh diperoleh total kehilangan sebesar 2,637 m, Maka tinggi jatuh efektif,  $H_{eff} = 29 - 2,637 = 26,36$  m.

**Analisis Debit Berdasarkan Energi Produksi Tahunan**

Dalam perhitungan penentuan debit pembangkit PLTA Bendungan Bulango Ulu dihitung dengan probabilitas 70% - 85% menggunakan 2 turbin. Diperoleh grafik energi tahunan yang ditunjukkan pada Gambar 4.

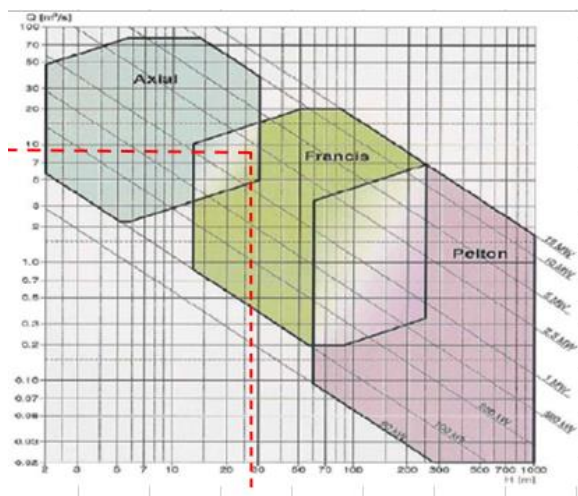


Sumber: (Hasil Perhitungan, 2022)  
 Gambar 4 Grafik Energi Tahunan

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<sup>3</sup>/dt.

**Analisis Pemilihan Turbin**

Menentukan jenis turbin menggunakan grafik penentuan tipe turbin berdasarkan tinggi jatuh dan debit dalam 1 turbin ditunjukkan pada Gambar 5.



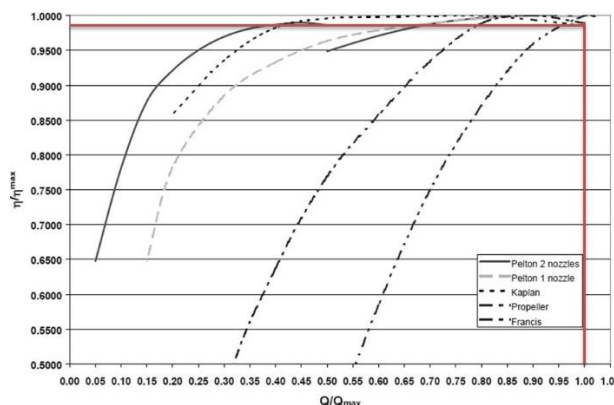
Sumber: (Hasil Perhitungan, 2022)  
 Gambar 5 Grafik Pemilihan Turbin

Dari Gambar 5 dapat diketahui jika PLTA Bendungan Bulango Ulu memakai turbin Francis.

**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<sup>3</sup>/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 6



Sumber: (Penche, 2004)  
 Gambar 6 Kisaran nilai efisiensi untuk tiap jenis turbin

Dengan demikian besaran daya yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

1. Daya yang dihasilkan 1 turbin (P) =  $Q \times \mu_t \times \mu_g \times g \times h_e$   
 $= 8,22 \times 0,97 \times 0,96 \times 9,81 \times 26,36$   
 $= 1,969.86 \text{ kW}$
2. Energi (E) =  $\sum_{n=1}^{20} \left( \frac{P5(n-1)+P5n}{2} \right) \left( \frac{5}{100} \right) 8760$   
 $= \left( \frac{1,969.86+1,969.86}{2} \right) \left( \frac{5}{100} \right) 8760$   
 $= 862,800.70 \text{ kWh}$
3. Debit minimal operasi (*Francis*) =  $Q \cdot 0,4$   
 $= 8,22 \cdot 0,4$   
 $= 3,289 \text{ m}^3/\text{det}$

*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 (tampung) 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  $2 \times 8,22 \text{ m}^3/\text{det}$  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.

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dengan memperhatikan rumusan masalah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Debit yang tersedia pada Bendungan Bulango Ulu untuk PLTA diperoleh sebesar  $2 \times 8,22 \text{ m}^3/\text{dt}$  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. Hasil perhitungan daya dan energi diperoleh daya sebesar 3.939,73 Kw dan energi sebesar 25,93 GWh dalam satu tahun.

## Saran

Agar PLTA Bendungan Bulango Ulu ini dapat direalisasikan dengan baik dan memberikan manfaat yang optimal, berikut ini adalah hal-hal yang perlu diperhatikan:

1. Pengukuran debit secara berkelanjutan. Data debit yang digunakan lebih baik menggunakan data debit di lapangan (pengukuran AWLR), dikarenakan debit observasi lebih mendekati kenyataan daripada debit hasil simulasi teori.
2. Pembangunan PLTA Bendungan Bulango Ulu diharapkan agar masyarakat Desa Tuloa dan sekitarnya dapat menikmati energi alternatif terbarukan khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat melalui ketersediaan energi yang dihasilkan dari sumber energi setempat.
3. Usaha pemeliharaan lingkungan dari semua pihak agar kelestarian lingkungan sekitar PLTA tetap terjaga sehingga debit yang tersedia di lokasi sungai juga tetap terjaga.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Balai Wilayah Sungai Sulawesi II dan Direksi Proyek Pembangunan Bendungan Bulango Ulu yang telah membantu dalam pengambilan data dalam penelitian ini.

## Daftar Referensi

- Arismunandar, A. & Kuwahara, S., 2004. *Teknik Tenaga Listrik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- BSN, 2015. *SNI 6738 Perhitungan Debit Andalan Sungai*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- BWS Sulawesi II, 2022. *Analisis Hidrologi*. Gorontalo.
- Dandekar, M. M. & Sharma, K. N., 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Cet. 1 ed. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013. *Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Jaringan Irigasi KP-01*. Jakarta: s.n.
- ESHA, 2004. *European Small Hydropower Association*.
- FAO: Crop Water Requirements, 1977. *Irrigation And Drainage Paper 24*. Rome: s.n.
- JICA, 2011. *Guideline and Manual for Hydropower Development Vol. 1 Conventional Hydropower and Pumped Storage Hydropower*. s.l.:JP Design Co., Ltd.
- Kebutuhan Air Tanaman, 1997. *Departemen Pertanian*.
- KP 01, 2013. *Perencanaan Jaringan Irigasi*. Jakarta: Kementerian PU.
- Limantara, L. M., 2010. *Rekayasa Hidrologi*.

- 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.
- Muhammad, d., 2018. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) pada Bendungan Lubuk Ambacang Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau*, Malang: Universitas Brawijaya.
- Novak, P., 2007. *Hydraulic Structures*. London: Taylor & Francis.
- Patty, O. F., 1995. *Tenaga Air*. Surabaya: Erlangga.
- Penche, C., 2004. *Guide To Small Hydro*.
- 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.
- Sari, M. I., 2020. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Bendungan Leuwikeris Tasikmalaya*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Soemarto, C. D., 1993. *Hidrologi Teknik*. 2nd ed. Jakarta: Erlangga.
- Sosrodarsono, S. & Takeda, K., 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Triatmodjo, 2009. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tyas, E. C., 2014. *Studi Perencanaan PLTA di Bendungan Pandanduri Swangi Lombok Timur Nusa Tenggara Barat*, Malang: Universitas Brawijaya.
- Yuniar, N., 2020. *Analisis Potensi Hidrologi PLTA Bendungan Batutegi Kecamatan Air Nainingan Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung*, Jakarta: Sekolah Tinggi Teknik - PLN.