

JURNAL TEKNIK SIPIL
MACCA

**Kajian Potensi Energi Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro
Hidro Pada Daerah Irigasi Bajo di Kabupaten Luwu**

Awal Wahid¹, Ratna Musa², Hanafi Ashad³

¹Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo No. 225 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: ¹ wahid2794@gmail.com

^{2,3}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: ²ratmus_tsipil@ymail.com; ³hanafi.ashad@umi.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan saluran irigasi untuk lahan pertanian dilakukan dengan memanfaatkan kemiringan bidang untuk mendapatkan kemiringan aliran agar tidak menimbulkan erosi, sehingga pada level-level tertentu pada bangunan terjun dan bagi sadap dapat diperoleh ketinggian yang potensial dalam rangka pemanfaatan turbin air dengan rancangan sesuai karakteristik yang dibutuhkan, selanjutnya dapat digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui lokasi mana yang berpotensi membangkitkan daya listrik dan berapa besaran energi listrik pertahun yang dapat dihasilkan oleh PLTMH pada Daerah Irigasi Bajo. Penelitian ini mengukur beda tinggi muka air pada bangunan terjun untuk mendapatkan data *Head*, data kebutuhan air tanam pada penelitian sebelumnya digunakan untuk menganalisa debit andalan menggunakan metode kurva durasi debit. Hasil penelitian menunjukkan pengukuran pada 8 lokasi memiliki nilai beda tinggi muka air yang variatif, yaitu terjunan 1 sebesar 1,5 meter dan terjunan 2 sebesar 1,65 meter, jenis turbin yang dapat digunakan adalah turbin vortex, sesuai dengan debit yang tersedia maka tiap lokasi digunakan 3 unit turbin, dan total potensi energi listrik pertahun pada dua lokasi tersebut sebesar 854.256,24 kWh atau 854,26 MWh.

Kata Kunci: Potensi energi, PLTMH Irigasi, debit

ABSTRACT

Utilization of irrigation canals for agricultural land is carried out by utilizing the slope of the field to get the slope of the flow so as not to cause erosion, so that at certain levels in the plunge building and for tapping, a potential height can be obtained in the context of utilizing a water turbine with a design according to the required characteristics, can then be used to generate electricity. This research was conducted with the aim of knowing which locations have the potential to generate electrical power and the amount of electrical energy per year that can be generated by PLTMH in the Bajo Irrigation Area. This study measures the difference in water level in the waterfall building to get Head data, planting water needs data in previous studies were used to analyze the mainstay discharge using the discharge duration curve method. The results showed that measurements at 8 locations had varied water level differences, namely terjunan 1 of 1.5 meters and terjunan 2 of 1.65 meters, the type of turbine that can be used is a vortex turbine, according to the available discharge, each location 3 turbine units are used, and the total potential of electrical energy per year at the two locations is 854,256.24 kWh or 854.26 MWh.

Keywords: Energy potential, Irrigation PLTMH, debit

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan pembangunan di sektor industri, ekonomi dan jumlah penduduk yang begitu pesat, maka berbanding lurus terhadap kebutuhan energi listrik yang terus mengalami meningkat. Kebutuhan listrik secara umum akan terus meningkat, yang secara langsung akan mempengaruhi pasokan listrik yang ada. (Fachri et al., 2019).

Upaya pemerintah dalam menyediakan kebutuhan energi listrik terus ditingkatkan. Dibuktikan dengan adanya realisasi pembangunan unit pembangkit listrik yang telah dilakukan, baik melalui APBN, swasta, atau melalui kerjasama investasi luar negeri. Namun, apabila diperhatikan bahwa porsi penggunaan energi dalam pembangkitan listrik, penyediaan listrik masih mengandalkan bahan-bahan yang bukan terbarukan, atau dari fosil, seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam. Selain defisitnya cadangan fosil sebagai sumber energi listrik, fosil tidak dapat diperbarui sehingga mengalami kelangkaan yang menyebabkan harga terus meningkat.

Selain itu, penggunaan energi yang dihasilkan oleh fosil juga memberi dampak buruk terhadap lingkungan, seperti polusi akibat gas buang dari penggunaannya dan efek rumah kaca akibat pembakaran bahan bakar dari fosil. Melihat kondisi tersebut, pemerintah mengeluarkan berbagai kebijakan berupa peraturan pemerintah (PP) untuk mereduksi dan menekan penggunaan energi dari fosil. Salah satu bentuk usaha pemerintah terkait mengurangi hal tersebut, yaitu dengan mengembangkan energi alternatif agar tercipta keanekaragaman energi sebagai sumber energi listrik.

Pemanfaatan saluran irigasi untuk lahan pertanian dilakukan dengan memanfaatkan kemiringan bidang untuk mendapatkan kemiringan aliran agar

tidak menimbulkan erosi, sehingga pada level-level tertentu pada bangunan terjun dan bagi sadap dapat diperoleh ketinggian yang potensial dalam rangka pemanfaatan turbin air dengan rancangan sesuai karakteristik yang dibutuhkan, selanjutnya dapat digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik.. (Pranoto et al., 2018).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), merupakan pembangkit listrik skala mikro (kecil) yang mengandalkan air sebagai penggerak utamanya. Prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan energi potensial dari air, yaitu dengan tinggi terjun (head) air dan besar debitnya. Secara teknis, pembangkit dengan mikrohidro menggunakan tiga komponen utama, yaitu air, turbin dan generator. Pembangunan PLTMH umumnya memanfaatkan aliran sungai yang memiliki terjunan air yang cukup tinggi. Adanya PLTMH dengan memanfaatkan saluran irigasi sebagai sumber penggerak utamanya menjadi fenomena positif terkait pemanfaatan fungsi dari saluran irigasi yang selama ini hanya dianggap untuk mengairi pertanian (sawah). Tentunya membangun PLTMH tidak perlu lagi membangun bendung dan saluran penghantar, sehingga akan terjadi efisiensi dalam pembangunannya.

Berdasarkan Departemen Energi & Sumber Daya Mineral (2009), kriteria kelayakan teknis PLTMH adalah sebagai berikut:

- a. Terdapat aliran air, yaitu aliran di sungai atau saluran dan mempunyai cukup debit dalam menggerakkan turbin.
- b. Cukupnya ketersediaan air sungai sepanjang tahun untuk mengalirkan air dalam periode musim hujan atau musim kemarau (kering), maksimal antara 3 bulan hingga 4 bulan periode kering setahun dan sisanya periode basah.

Daerah Irigasi (DI) Bajo di Desa Rumaju, Kecamatan Bajo, Kabupaten Luwu, Provinsi Sulawesi Selatan adalah irigasi teknis yang didesain dengan debit rencana $10,6 \text{ m}^3/\text{detik}$. Panjang saluran induk 4.530 meter dan saluran primer 64.220 meter, di sepanjang saluran tersebut terdapat beberapa bangunan terjun dan bangunan bagi sadap dimana terdapat beda tinggi permukaan saluran. Beda tinggi permukaan pada saluran irigasi sangat berbeda dengan beda tinggi elevasi pada lokasi pembangunan PLTMH pada umumnya yang berada di daerah pegunungan dimana terjunan air sangat memungkinkan. Pada areal persawahan di sekitar irigasi ini relatif datar sehingga beda tinggi elevasi pada bangunan terjun tersebut relatif rendah.

Namun demikian dengan debit dan beda tinggi (*head*) pada jaringan irigasi tersebut diharapkan tetap memungkinkan untuk membangkitkan energi listrik. Oleh karenanya sebelum memanfaatkan potensi sumber daya air pada irigasi eksisting, maka perlu mengetahui kemampuan sumber daya air pada daerah Irigasi Bajo dengan dilakukan penelitian lebih lanjut agar kemudian dapat dimanfaatkan untuk merencanakan PLTMH yang tepat sesuai ketersediaan debit air dan beda tinggi (*head*) air eksisting dalam membangkitkan daya listrik pada Daerah Irigasi (DI) Bajo di Kabupaten Luwu.

1.2 Rumusan Masalah

- Berapa titik lokasi yang berpotensi untuk PLTMH pada Daerah Irigasi Bajo,
- Jenis turbin apa yang dapat digunakan untuk PLTMH pada Daerah Irigasi Bajo,
- Berapa besar potensi energi listrik per tahun yang dapat dihasilkan oleh PLTMH pada Daerah Irigasi Bajo

1.3 Tujuan Penelitian

- Menganalisis dan menentukan berapa titik lokasi yang berpotensi untuk PLTMH pada Daerah Irigasi Bajo,

- Menganalisis hubungan debit dan head untuk mengetahui jenis turbin yang dapat digunakan untuk PLTMH pada Daerah Irigasi Bajo, dan
- Menganalisis potensi energi per tahun yang dapat dihasilkan oleh PLTMH pada Daerah Irigasi Bajo.

2. Metode Penelitian

2.1 Jenis dan Sumber Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dan kuantitatif. Sumber data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- Data primer, berupa data pengukuran beda tinggi muka air (*head*) dan data koordinat lokasi dengan GPS
- Data sekunder, berupa data peta lokasi penelitian dari *Google Earth*, data teknis Daerah Irigasi Bajo dan data teknis yang diambil dari Dirjen SDA Balai Besar Wilayah Sungai Pompeng di Makassar, data hasil perhitungan kebutuhan air irigasi yang diperoleh dari penelitian sebelumnya di Bajo, yaitu “Evaluasi Tingkat Pelayanan Bendung Tomatoppe pada Daerah Irigasi Bajo Kabupaten Luwu” (Anryana et al., 2019).

2.2 Metode Analisis

Beberapa hal yang dianalisis dalam penelitian ini, yaitu:

- Analisis debit air pada saluran irigasi
- Analisis gaya
- Analisis pemilihan turbin
- Analisis potensi energi

2.3 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Daerah Irigasi (DI) Bajo di Desa Rumaju Kecamatan Bajo Kabupaten Luwu dan jaringan irigasi mencakup wilayah Kecamatan Bajo, Belopa, Belopa Utara, Kamanre, dan Suli. Penelitian ini direncanakan dilaksanakan selama kurang lebih 3 (tiga) bulan.

2.4 Standar yang Digunakan

Berikut ini merupakan beberapa standar yang digunakan dalam penelitian:

- a. Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit. (BSN, 2015)
- b. Pengukuran Debit Aliran pada Saluran Terbuka Menggunakan Bangunan Ukur Tipe Pelimpah Atas. (BSN, 2015)
- c. Kriteria Perencanaan Bagian Perencanaan Irigasi (KP-01) (Kementerian PU Direktur Jenderal Sumber Daya Air, 2013)
- d. Kriteria Perencanaan Bagian Saluran (KP-03). (Departemen Perencanaan Umum, 1986)
- e. Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan (KP-04). (Kementerian PU

Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Hasil Pengukuran Beda Tinggi Muka Air

Pengukuran dilakukan pada terjunan air di saluran primer dan saluran sekunder, mulai dari lokasi terjunan 1 sampai dengan terjunan 8. Hasil pengukuran yang telah dihitung ditunjukkan oleh tabel 1 berikut:

Tabel 1 Hasil Pengukuran Beda Tinggi Muka Air

No. Lokasi	Lokasi	Koordinat	Ketinggian Terjunan Air (m)
1	Terjunan 1	3°22'41.88"S, 120°17'54.57"E	1,5
2	Terjunan 2	3°22'38.77" S, 120°18'1.01"E	1,65
3	Terjunan 3	3°22'39.99"S, 120°18'24.53"E	0,65
4	Terjunan 4	3°22'40.10"S, 120°18'32.49"E	0,8
5	Terjunan 5	3°22'36.40"S, 120°18'29.34"E	0,95
6	Terjunan 6	3°22'25.90"S, 120°18'47.90"E	0,87
7	Terjunan 7	3°21'57.60"S, 120°18'52.30"E	0,90
8	Terjunan 8	3°21'43.80"S, 120°19'2.80"E	0,76

Dari tabel I diketahui bahwa pengukuran beda tinggi muka air di setiap lokasi yang ditinjau (lokasi 1 hingga lokasi 8), dimana beda tinggi muka air (head) efektif minimum yang berpotensi untuk PLTMH adalah 1,0 meter, maka lokasi yang terpilih adalah lokasi terjunan 1, dan 2.

3.1.2 Data Debit

Data debit dihitung menggunakan data hasil perhitungan kebutuhan air irigasi dari hasil penelitian sebelumnya yaitu penelitian Evaluasi Tingkat Pelayanan Bendung Tomatoppe Pada Daerah Irigasi Bajo Kabupaten Luwu, dengan menggunakan *software CROPWAT 8*. .

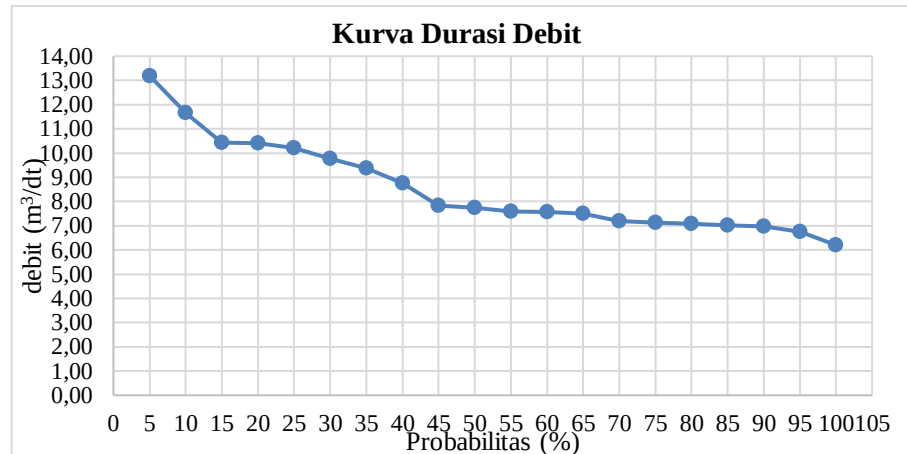
Tabel 2 Kebutuhan Pengambilan Air Pada Sumbernya

Masa Tanam	Periode	Bulan	IR (mm/hari)	DR		
				lt/dt/ha	lt/dt	m ³ /dt
MT Padi I	I	Mei	10,08	1,17	7128,33	7,13
			9,91	1,15	7008,11	7,01
	II	Juni	8,77	1,02	6201,93	6,20
			14,76	1,71	10437,92	10,44
	I	Juli	9,86	1,14	6972,75	6,97
			14,73	1,70	10416,70	10,42
	II	Agustus	12,37	1,43	8747,77	8,75
			10,18	1,18	7199,05	7,20
	I	September	13,27	1,54	9384,22	9,38
			18,66	2,16	13195,90	13,20
	I	November	10,94	1,27	7736,50	7,74
			10,03	1,16	7092,97	7,09
	II	Desember	11,09	1,28	7842,58	7,84
			16,51	1,91	11675,47	11,68
	I	Januari	10,71	1,24	7573,85	7,57
			9,55	1,11	6753,53	6,75
MT Padi I	I	Februari	10,72	1,24	7580,93	7,58
			13,83	1,60	9780,24	9,78
	II	Maret	10,61	1,23	7503,14	7,50
			14,43	1,67	10204,55	10,20

Berdasarkan tabel 2, didapatkan besar kebutuhan pengambilan air (DR), dimana nilai DR yang paling besar ditunjukkan pada bulan September periode II, sebesar 13,20 m³/dt, dan yang paling sedikit adalah pada bulan Januari periode II, sebesar 6,75 m³/dt.

3.2 Analisis Debit Andalan

Analisis debit andalan ini menggunakan metode *Flow Duration Curve*. Tujuannya adalah untuk mengetahui ketersediaan debit air dalam waktu setahun. Berikut *Flow Duration Curve* (Kurva Durasi Debit) ditunjukkan dalam gambar 1:



Gambar 1. Kurva durasi debit (*flow duration curve*)

Berdasarkan *Flow Duration Curve* tersebut diatas, dapat diketahui variasi

ketersediaan debit air dalam kurun waktu satu tahun, seperti dalam tabel 3 berikut:

Tabel 3 Debit dan Daya Hidrolis pada Lokasi Terjunan 1 dan Terjunan 2

Probabilitas (%)	Debit (m³/dt)	Jumlah Hari	Head Eff (m)	Efisiensi (η)	Daya Hidrolis (kW)
Terjunan 1					
Q 50%	7,74	183	1,35	0,51	52,28
Q 60%	7,57	219			51,13
Q 75%	7,13	274			48,16
Q 85%	7,01	310			47,35
Q 90%	6,97	329			47,08
Q 100%	6,20	365			41,88
Terjunan 2					
Q 50%	7,74	183	1,49	0,51	57,70
Q 60%	7,57	219			56,43
Q 75%	7,13	274			53,15
Q 85%	7,01	310			52,26
Q 90%	6,97	329			51,96
Q 100%	6,20	365			46,22

Selanjutnya nilai debit andalan seperti pada tabel 3 diatas digunakan sebagai dasar untuk menghitung kapasitas daya dan energi yang dapat dibangkitkan PLTMH dengan memperhatikan jenis turbin yang akan digunakan.

3.2 Analisis Kapasitas PLTMH

Analisis kapasitas PLTMH harus didasarkan berdasarkan persamaan berikut (persamaan 1):

$$P = g \cdot Q \cdot H_{\text{eff}} \cdot \eta \dots\dots\dots (1)$$

Kapasitas daya PLTMH untuk 1 unit turbin pada lokasi 1 dan lokasi 2 sebesar:

$$P_1 = 9,81 \cdot 2,3 \cdot 1,35 \cdot 0,51 = 15,53 \text{ kW}$$

$$P_2 = 9,81 \cdot 2,3 \cdot 1,49 \cdot 0,51 = 17,15 \text{ kW}$$

Maka, dapat direncanakan besar kapasitas daya PLTMH untuk lokasi 1, sebesar 3 x 15,53 kW = 46,53 kW dan

besarkapasitas daya PLTMH untuk lokasi 2, sebesar $3 \times 17,15 \text{ kW} = 51,43 \text{ kW}$. Jadi, total potensi daya PLTMH

adalah besar daya rencana pada lokasi 1 dan lokasi 2, yaitu total sebesar 97,96 kW.

3.3 Analisis Produksi Energi

Analisis kapasitas PLTMH dihitung

Tabel 4 Debit dan Daya Hidrolis pada Lokasi Terjunan 1 dan Terjunan 2

Pola Operasi	Potensi Daya (kW)			Jumlah Potensi Energi (kWh)
	Unit 1	Unit 2	Unit 3	
Terjunan 1				
Unit 1, 2, 3	2.981,76	2.981,76	2.075,52	8.039,04
Unit 1, 2, 3	4.099,92	4.099,92	3.281,52	11.481,36
Unit 1, 2, 3	4.472,63	4.472,63	4.026,24	12.971,52
Unit 1, 2, 3	124.488,48	124.488,48	124.488,48	373.465,44
Total				405.957,36
Terjunan 2				
Unit 1, 2, 3	3.292,80	3.292,80	2.290,56	8.876,16
Unit 1, 2, 3	4.527,60	4.527,60	3.622,08	12.677,28
Unit 1, 2, 3	4.939,20	4.939,20	4.443,84	14.322,24
Unit 1, 2, 3	137.474,40	137.474,40	137.474,40	412.423,20
Total				448.298,88

Berdasarkan tabel 4, didapatkan energi listrik yang dihasilkan selama satu tahun untuk lokasi 1 (terjunan 1) sebesar 405.957,36 kWh dan lokasi 2 (terjunan 2) sebesar 448.298,88 kWh.

3.4 Pembahasan

Dari data dan hasil penelitian, selanjutnya dijelaskan pembahasan beberapa hal sebagai berikut:

- Lokasi potensi PLTMH terletak pada saluran primer sebelum terdapat bangunan bagi, sehingga debit yang digunakan adalah debit maksimal yaitu jumlah kebutuhan air irigasi untuk seluruh areal sawah.
- Total potensi daya PLTMH sebesar 97,96 kW, dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik untuk pompa air irigasi. Untuk pompa air kapasitas 10.000 liter/menit membutuhkan daya listrik sebesar 40 kW, sehingga dengan daya yang tersedia dapat digunakan 2 unit pompa air irigasi yang dapat mengalirkan air sebanyak 20.000 liter/menit atau $0,33 \text{ m}^3/\text{dt}$.
- Potensi energi listrik pada Daerah Irigasi Bajo sebesar 854.256,24 kWh atau 854,26 MWh, potensi tersebut masih dapat ditingkatkan apabila dilakukan pemeliharaan jaringan

irigasi untuk meningkatkan kapasitas debit saluran.

- Jarak antara lokasi 1 dan lokasi 2 sepanjang 213 meter, jarak tersebut memungkinkan untuk digabungkan menjadi satu lokasi PLTMH sehingga akan didapatkan head yang memungkinkan menggunakan jenis turbin Kaplan yang memiliki efisiensi yang lebih tinggi, dengan demikian jumlah turbin dapat dikurangi dan dengan daya yang lebih tinggi. Hal tersebut juga dimaksudkan untuk mengurangi biaya pembangunan PLTMH.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berikut kesimpulan dari penelitian ini:

- Hasil pengukuran yang dilakukan pada 8 lokasi terjunan menunjukkan nilai beda tinggi muka air yang bervariasi, diantara lokasi tersebut yang memenuhi syarat dan berpotensi untuk dikembangkan untuk PLTMH adalah:
Terjunan 1
 - Letak: Saluran primer
 - Hulu : B.BJ.1b
 - Hilir : B.BJ.1c
 - Koordinat :

- 3°22'41.88"S, 120°17'54.57"E
 - Beda tinggi muka air : 1,5 meter Terjunan 2
 - Letak : Saluran primer (B.BJ.1c)
 - Hulu : B.BJ.1c
 - Hilir : B.BJ.1.
 - Koordinat :
3°22'38.77" S, 120°18'1.01"E
 - Beda tinggi muka air : 1,65 meter
- b. Berdasarkan tinggi muka air (*head*) pada kedua lokasi tersebut diatas dengan debit yang tersedia, maka jenis turbin yang dapat digunakan adalah turbin vortex, sesuai dengan debit yang tersedia maka tiap lokasi digunakan 3 unit turbin.
- c. Energi listrik yang dihasilkan dalam satu tahun pada dua lokasi PLTMH di Daerah Irigasi Bajo adalah sebesar 854.256,24 kWh atau 854,26 MWh.

4.2 Saran

Setelah melakukan penelitian ini, terdapat beberapa hal yang dapat menjadi perhatian bersama dalam rangka pengembangan fungsi jaringan irigasi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), olehnya itu menyarankan hal-hal sebagai berikut:

- a. Supaya tetap dilakukan secara rutin pencatatan/pengamatan tinggi muka air baik di bendung maupun di jaringan irigasi, sehingga pada tahap perencanaan dapat lebih ditunjang dengan data yang memadai.
- b. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut ataupun perencanaan mengenai penerapan PLTMH pada jaringan irigasi di Daerah Irigasi Bajo.
- c. Diharapkan pihak terkait untuk melakukan pemeriharaan jaringan irigasi terutama pembersihan sedimen karena berpengaruh terhadap ketersediaan debit untuk menunjang operasional PLTMH ke depan.

Daftar Pustaka

- Anryana, E., Prawitosari, T., & Achmad, M. (2019). Evaluasi Tingkat Pelayanan Bendung Tomatoppe pada Daerah Irigasi Bajo Kabupaten Luwu. *Jurnal Agritechno*, 12(2), 94–101. <https://doi.org/10.20956/at.v0i0.217>
- Energi, D., & Mineral, S. D. (2009). Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi Buku 2A. *Jakarta, Hal*, 14, 15.
- Fachri, A., Triastianti, R. D., & Indrawati, R. (2019). *Studi Potensi Debit dan Tinggi Jatuh Air Pada Energi Listrik Kawasan Ekowisata Di Desa Sriharjo*. 19(1), 1–14.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Pengukuran Debit pada Saluran Terbuka Menggunakan Bangunan Ukur Tipe Pelimpah Atas. *Jakarta: BSNi*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). Perhitungan Debit Andalan Sungai dengan Kurva Durasi Debit. *Standar Nasional Indonesia Nomor*, 2015–6738.
- Pranoto, B., Aini, S. N., Soekarno, H., Zukhrufiyati, A., Al Rasyid, H., & Lestari, S. (2018). Potensi Energi Mikrohidro di Daerah Irigasi (Studi Kasus di Wilayah Sungai Serayu Opak). *Jurnal Irigasi*, 12(2), 77–86.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1986). *Kriteria Perencanaan Bagian Saluran KP-03*. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013). Kriteria perencanaan bagian perencanaan jaringan irigasi KP-01. *Jakarta (ID): Direktorat Jendral Sumber Daya Air Direktorat Irigasi Dan Rawa*.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013). *Standar Perencanaan Irigasi. In DJ Air, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*. Jakarta.