

STUDI POTENSI PERENCANAAN PLTMH PADA SALURAN IRIGASI BERDASARKAN ASPEK TEKNIS

Febrianto¹, Sapto Nisworo², Deria Pravitasari³
Teknik Elektro Universitas Tidar Magelang

¹febrianto@student.untidar.ac.id, ²saptonisworo@untidar.ac.id, ³deria.pravitasari@untidar.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral nomor 12 tahun 2017, pemanfaatan sumber energi baru terbarukan untuk kepentingan ketenagalistrikan nasional harus diutamakan. Saluran Progo – Manggis memiliki potensi untuk dijadikan sumber energi pembangkit listrik tenaga mikro hidro, namun belum dimanfaatkan. Studi potensi perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro pada saluran irigasi berdasarkan aspek teknis ini bertujuan untuk mengetahui potensi kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro pada saluran Progo - Manggis. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur ketinggian jatuh air dan debit air pada terjunan hm 48 Payaman, terjunan hm 53 Payaman, terjunan hm 82 Payaman, terjunan hm 127 Menowo, terjunan hm 129 Menowo, terjunan hm 130 Polosari, dan terjunan hm 134 Kebonpolo. Pengukuran debit air dilakukan dengan menggunakan metode pelampung permukaan (*float*). Hasil pada penelitian ini berupa potensi daya yang dibangkitkan disetiap terjunan yaitu pada terjunan hm 48 Payaman sebesar 217,78 kW, terjunan hm 53 Payaman sebesar 152,55 kW, terjunan hm 82 Payaman sebesar 158,66 kW, terjunan hm 127 Menowo sebesar 72,49 kW, terjunan hm 129 Menowo sebesar 150,59 kW, terjunan hm 130 Polosari sebesar 97,59 kW, dan terjunan hm 134 Kebonpolo sebesar 144,98 kW. Sehingga dari hasil tersebut terjunan hm 48 Payaman memiliki potensi yang paling layak dalam aspek teknis untuk dibangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro karena memiliki potensi daya terbangkit yang paling besar. Perhitungan rencana anggaran biaya dalam dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga mikro hidro senilai Rp.245.366.000,-.

Kata kunci: mikro hidro, energi baru terbarukan, saluran Progo-Manggis, meotde *float*

ABSTRACT

Based on the regulation of the minister of energy and mineral resources number 12 of 2017, the use of new and renewable energy sources for the benefit of national electricity must be prioritized. The Progo – Manggis channel has the potential to be used as an energy source for micro hydro power plants. The study of the potential for planning micro hydro power plants in irrigation canals based on this technical aspect aims to determine the feasibility of micro hydro power plants in the Progo

- Manggis channel. This research was conducted by measuring the height of the water fall and water discharge at the hm 48 Payaman plunge, the hm 53 Payaman plunge, the hm 82 Payaman plunge, the hm 127 Menowo plunge, the hm 129 Menowo plunge, the hm 130 Polosari plunge, and the hm134 Kebonpolo plunge. Water discharge measurements were carried out using float method. The results in this study are the potential power generated in each plunge, namely the hm 48 Payaman plunge of 217.78 kW, the hm 53 Payaman plunge of 152.55 kW, the hm 82 Payaman plunge of 158.66 kW, the hm 127 Menowo plunge of 72, 49 kW, the hm 129 Menowo plunged 150.59 kW, the hm 130 Polosari plunged 97.59 kW, and the hm 134 Kebonpolo plunged 144.98 kW. So from these results the Payaman hm 48 plunge has the most feasible potential in the technical aspect to build a micro hydro power plant because it has the greatest generating potential. Calculation of the budget plan in the construction of a micro hydro power plant worth Rp. 245.366.000,-.

Keywords: micro-hydro, new and renewable energy, Progo-Manggis channel, float method

PENDAHULUAN

Saluran Progo-Manggis berhulu di Sungai Progo di daerah Badran, Kranggan, Kabupaten Temanggung. Saluran Progo-Manggis memiliki beberapa terjunan yang relatif tinggi dan debit yang relatif stabil sepanjang tahun [1]. Terjunan – terjunan pada saluran Progo – Manggis memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi baru terbarukan yaitu pembangkit listrik tenaga mikro hidro.

Dalam rangka meningkatkan kemampuan penyediaan energi nasional, dan pelaksanaan konservasi energi. Pemanfaatan sumber energi baru terbarukan untuk kepentingan ketenagalistrikan nasional harus diutamakan [2].

Pembahasan tentang analisis kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro tinjauan teknis menyatakan bahwa dengan menggunakan dua buah turbin open flume diameter 300mm, transmisi puley tipe C, dan generator MISG Motor Induksi 12 kW dari debit air saluran irigasi Minggir sebesar $1,65\text{m}^3/\text{dt}$ mampu menghasilkan daya listrik sebesar 23,54 kW [3].

Penelitian tentang potensi pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur, dari empat lokasi yang masing masing mempunyai debit $0,95\text{m}^3/\text{dt}$ dengan *head* 5m dapat membangkitkan daya 46,60kW, debit $1,44\text{m}^3/\text{dt}$ dengan *head* 3m dapat membangkitkan daya 42,47kW, debit $1,74\text{m}^3/\text{dt}$ dengan *head* 4m dapat membangkitkan daya 68,36kW, debit $3\text{m}^3/\text{dt}$ dengan *head* 4m dapat membangkitkan daya 117,72kW. Dari hasil perhitungan diatas maka rata - rata energi terbangkitkan untuk 4 lokasi adalah 47.75 kW [4].

Pembahasan tentang analisis PLTMH studi kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai) mengolah debit aliran utama Sungai Air Anak dengan perbandingan data debit yang tercatat di Waduk PLTA Way Besai selama 11 tahun. Data debit aliran utama Sungai Besai dimulai dari tahun 2004 hingga 2014 menggunakan metode *Flow Duration Curve* (FDC). Dari rencana PLTMH Air Anak

dengan debit $0,2565\text{m}^3/\text{dt}$ dapat menghasilkan daya sebesar 2,3742 kW mengalami penurunan, debit terukur sebesar $1,1923\text{m}^3/\text{dt}$, daya yang dihasilkan adalah 1,2326kW atau sebesar 56,12% [5].

Penelitian tentang studi perencanaan pembangunan PLTMH di Kampung Sasnek Distrik Sawita Kabupaten Sorong Selatan Provinsi Papua Barat memperoleh debit air sebesar $2\text{m}^3/\text{s}$ dari luas pengukuran 5m^2 , dengan kecepatan aliran air rata-rata 0,65 m/s. Namun, karena sungai mengalir sepanjang tahun dan tidak pernah mengering, digunakan faktor koreksi 0,75. Oleh karena itu, aliran yang tersedia adalah $0,65\text{m}^3/\text{s}$. Berdasarkan hasil analisis potensi PLTMH di Sasnek, dapat dihitung distribusi jaringan dari PLTMH Sasnek sebesar 10 kW [6].

Penelitian mengenai Analisis Kelayakan PLTMH Embung Kuniran Kecamatan Sine Kabupaten Ngawi, bertujuan untuk menghitung potensi daya Embung Kuniran dengan tinggi 3m, daya rata-rata yang dapat dihasilkan adalah 2918,3kW, meskipun tinggi jatuh air pada Embung Kuniran tergolong rendah, namun debit air dari Embung Kuniran cukup besar dan stabil. Jenis turbin terbaik adalah turbin Kaplan karena memiliki head rendah 3m dan perpindahan rata-rata $123,95\text{m}^3/\text{s}$ [7].

Dalam menganalisis kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro pada saluran Progo-Manggis dilakukan dengan cara mengukur ketinggian jatuh air dan debit air pada setiap terjunan, yang akan digunakan untuk menghitung potensi daya yang terbangkit dengan mengacu pada SNI 8397:2017. Sehingga dapat diketahui potensi kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro dibangun sebagai kontribusi terhadap Peraturan Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral nomor 12 Tahun 2017.

METODE PENELITIAN

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) mempunyai prinsip kerja dengan memanfaatkan jumlah air mengalir permerter kubik (debit) dan ketinggian jatuh air sebagai sumber energi untuk memutar turbin[8]. Biasanya aliran sungai, air terjun

dan saluran irigasi yang debit air dan tinggi jatuh airnya di digunakan sebagai sumber PLTMH.

Studi kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro bertujuan untuk mengetahui potensi kelayakan PLTMH dibangun. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis dalam aspek teknis, yaitu menganalisis kondisi terjunan yang mencakup pengukuran ketinggian jatuh air dan debit air pada terjunan. Hasil dari analisis pengukuran tersebut digunakan untuk menghitung potensi daya yang dibangkitkan dan menentukan spesifikasi komponen listrik yang akan digunakan. Penelitian ini dilakukan pada beberapa terjunan yang berada di saluran Progo-Manggis.

Pengukuran ketinggian jatuh air dilakukan secara langsung, yaitu dengan mengukur jarak permukaan air bawah sampai dengan permukaan air atas. Pengukuran tinggi jatuh air menggunakan alat bantu berupa pipa pvc sepanjang 6 meter, yang kemudian diukur dengan roll meter. Pengukuran ketinggian jatuh air ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengukuran ketinggian jatuh air

Gambar 2. menunjukkan pengukuran debit air yang dilakukan dengan menggunakan metode pelampung permukaan (*float*). metode pelampung permukaan dilakukan dengan cara menghitung luas penampang pada saluran dan kecepatan aliran air dengan menggunakan pelampung.



Gambar 2. Pengukuran kecepatan aliran air

Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan dengan menghanyutkan pelampung sejauh 10 meter, maka akan mendapatkan waktu tempuh. Sehingga dapat digunakan untuk menghitung kecepatan aliran air. Persamaan untuk menghitung kecepatan aliran air sebagai berikut :

$$V = \frac{s}{t} \quad (1)$$

keterangan :

V = kecepatan aliran air (m/s);

s = jarak (m);

t = waktu tempuh (s).

Luas penampang diukur dengan berdasarkan bentuk dari saluran air yang akan digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Saluran air yang memiliki bentuk trapesium dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A = \frac{1}{2} \times (a + b) \times t \quad (2)$$

keterangan :

A = luas penampang (m²) ;

t = tinggi (m) ;

a = permukaan air (m) ;

b = dasar saluran (m).

Debit merupakan jumlah air yang mengalir per satuan waktu. Metode profil sungai merupakan metode yang umum digunakan untuk menentukan debit sungai. Dalam metode ini, aliran diturunkan dari perkalian luas penampang sungai dan kecepatan aliran. Penghitungan debit air dirumuskan:

$$Q = A \times V \quad (3) \text{ keterangan :}$$

Q = debit (m³/s);

A = luas penampang (m²);

V = kecepatan aliran air (m/s).

Besarnya daya yang dapat dibangkitkan adalah bergantung pada besarnya debit sungai dan tinggi jatuh air (*head*). Debit yang dipakai bisa berupa debit minimum atau maksimum, tergantung fungsi yang direncanakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Besarnya daya yang dapat dibangkitkan dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \rho \times g \times h \times Q \times \text{eff} \quad (4) \text{ keterangan :}$$

P= daya (kW);

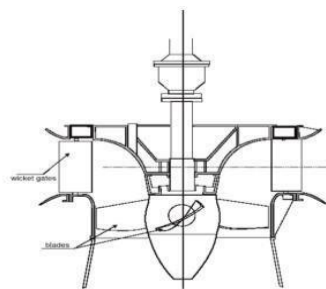
g= gravitasi bumi (m/s^2);

h= tinggi jatuh air (m);

Q= debit air (m^3/s);

eff = efisiensi alat (%).

Turbin air berfungsi mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Pada umumnya ada dua tipe turbin yaitu turbin implus dan turbin reaksi. Turbin implus merupakan turbin yang mengandalkan besarnya tekanan air melalui *nozzle*, cocok untuk *head* tinggi. Sedangkan turbin reaksi, turbin yang memaksimalkan kekuatan tekanan air dan besarnya aliran air, cocok untuk kondisi *head* rendah. Salah satu turbin reaksi adalah turbin kaplan.



Gambar 3. Turbin kaplan

Tabel 1. Merupakan tabel pemilihan turbin. Terdapat beberapa faktor menjadi dasar perencanaan dan pemilihan turbin. Faktor-faktor tersebut adalah debit air dan *head* air.

Tabel 1. Tabel pemilihan turbin

Jenis Turbin	Head (meter)
Kaplan/Propeller	$1 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Crossflow	$6 < H < 100$

Berdasarkan ketinggian jatuh air ada tiga jenis yang mempengaruhi penentuan turbin. Jenis yang dimaksud yaitu ketinggian jatuh air rendah direkomendasikan menggunakan turbin propeller, ketinggian jatuh air menengah direkomendasikan menggunakan turbin francis atau crossflow, dan ketinggian jatuh air tinggi disarankan menggunakan turbin pelton.

Generator merupakan mesin listrik yang digunakan sebagai alat pembangkit listrik dengan cara mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Terdapat beberapa aspek yang mempengaruhi dalam menentukan generator pada perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Aspek tersebut meliputi tipe generator, kapasitas generator, jumlah fase pada generator, dan tegangan generator.

Berdasarkan SNI 8397-2017 tipe generator yang direkomendasikan untuk pembangkitan pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) yaitu generator asinkron, generator sinkron dengan sikat arang dan generator sinkron tanpa sikat arang. Kapasitas generator yang digunakan menyesuaikan produk standar dari pabrikan dengan pertimbangan daya yang dibangkitkan pada PLTMH. Jumlah fasa yang direkomendasikan untuk pembangkitan dibawah 5kW dapat menggunakan generator keluaran 1 fase atau 3 fase, sedangkan untuk pembangkitan diatas 5kW menggunakan generator keluaran 3 fase. Tegangan generator yang direkomendasikan sebesar 230/400 volt, 220/380 volt, atau 240/415 volt dengan menyesuaikan standar pabrikan.

Langkah – langkah dalam melakukan pengolahan data pada penelitin ini dimulai dari proses menentukan lokasi studi kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang bertujuan mencari lokasi yang memiliki spesifikasi yang cocok untuk dapat dijadikan energi pembangkit pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Setelah mendapatkan lokasi yang berpotensi, maka dilanjutkan pengambilan data langsung berupa debit dan head pada saluran. Data berupa debit dan *head* dapat dijadikan acuan untuk menghitung potensi daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit

listrik tenaga mikro hidro. Hasil yang didapatkan setelah mengolah data dapat digunakan untuk menentukan jenis turbin dan generator yang akan dipasang. Sehingga dapat dilakukan analisis kelayakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 8397:2017 dalam aspek teknisnya. Setelah itu, penelitian dilanjutkan ke proses penyusunan laporan tugas akhir dan selesai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Saluran Progo-Manggis memiliki bentuk trapesium. Ukuran lebar pada permukaan air adalah 6 meter, pada dasar saluran adalah 4 meter, dan tinggi dari dasar sampai permukaan air adalah 1 meter. Maka luas penampang saluran progo manggis dapat dihitung dengan persamaan 2 sebagai berikut :

$$= \frac{1}{2} \times (a + b) \times t$$

$$= \frac{1}{2} \times (6 + 4) \times 1$$

$$= \frac{1}{2} \times 10 \times 1$$

$$= 5 \text{ m}^2$$

Berdasarkan perhitungan diatas, hasil luas penampang saluran Progo – Manggis bernilai 5m². Sehingga dari hasil tersebut dapat digunakan untuk menghitung debit air pada saluran Progo – Manggis.

Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan dengan menghanyutkan pelampung sejauh 10 meter, maka akan mendapatkan waktu tempuh. Pengukuran ini dilakukan sebanyak 3 kali percobaan yang kemudian diambil rata – rata, Hasil dari pengukuran tersebut pada aliran air hm 48 mendapatkan waktu tempuh rata – rata 12.20s. Sehingga

Berdasarkan perhitungan daya, potensi daya yang dihasilkan bernilai 217.78kW. Sehingga dari hasil tersebut pada hm 48 memiliki potensi layak untuk dibangun PLTMH dalam aspek teknis.

Berdasarkan perhitungan ketinggian jatuh air, debit aliran air, dan potensi daya yang dapat dibangkitkan pada keseluruhan terjunan di saluran Progo – Manggis, maka

kecepatan air dapat dihitung dengan persamaan 1 sebagai berikut :

$$v = \frac{L}{t}$$

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan hasil pada hm 48 memiliki kecepatan air rata – rata 0,819 m/s. Sehingga hasil tersebut dapat digunakan untuk menghitung debit air.

Berdasarkan perhitungan kecepatan aliran air dan luas penampang saluran, maka debit air pada saluran dapat dihitung dengan persamaan 3 sebagai berikut :

$$Q = v \times A$$

$$= 0,819 \times 5 = 4,10 \text{ m}^3/\text{s}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, debit air yang didapatkan bernilai 4.10 m³/s. Sehingga dari hasil tersebut akan digunakan untuk menghitung potensi daya yang dapat dibangkitkan pada terjunan hm 48 Payaman

Potensi daya yang dapat dihasilkan oleh PLTMH ditentukan oleh ketinggian jatuh air dan debit pada saluran air. Menurut perhitungan terjunan pada hm 48 memiliki debit 4.10 m³/s dengan tinggi jatuh air 6.4 meter. Selain itu, untuk menentukan potensi daya pembangkit listrik tenaga mikro hidro dipengaruhi juga oleh grafitasi bumi yang memiliki nilai 9.807 m/s². Potensi daya yang dihasilkan pada terjunan hm 48 dapat dihitung menggunakan persamaan 4 berikut :

$$P = \rho \times g \times h \times Q$$

$$= 9.8 \times 6.4 \times 4.10 \times 0.85 = 217.78$$

didapatkan hasil perhitungan. Berikut merupakan hasil perhitungan ketinggian jatuh air, debit aliran air, dan potensi daya yang dapat dibangkitkan ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan keseluruhan pengukuran pada beberapa terjunan di saluran Progo – Manggis mendapatkan hasil pada hm 48 Payaman memiliki ketinggian jatuh air setinggi 6,4 m, debit air sebesar 4,10 m³/s, dan daya yang dapat dibangkitkan sebesar

217,78kW, hm 53 Payaman memiliki ketinggian jatuh air setinggi 4,7 m, debit air sebesar $3,91\text{m}^3/\text{s}$, dan daya yang dapat dibangkitkan sebesar 152,55 kW, hm 82 Payaman memiliki ketinggian jatuh air setinggi 5,2 m, debit air sebesar $3,91\text{ m}^3/\text{s}$, dan daya yang dapat dibangkitkan sebesar 158,66kW, hm 127 Menowo memiliki ketinggian jatuh air setinggi 2,6 m, debit air sebesar $3,36\text{ m}^3/\text{s}$, dan daya yang dapat dibangkitkan sebesar 72,49 kW, hm 129 Menowo memiliki ketinggian jatuh air setinggi 5,4 m, debit air sebesar $3,36\text{ m}^3/\text{s}$, dan

daya yang dapat dibangkitkan sebesar 150,56 kW, hm 130 Polosari memiliki ketinggian jatuh air setinggi 3,5 m, debit air sebesar $3,36\text{ m}^3/\text{s}$, dan daya yang dapat dibangkitkan sebesar 97,59 kW, hm 134 Kebonpolo memiliki ketinggian jatuh air setinggi 5,2 m, debit air sebesar $3,36\text{ m}^3/\text{s}$, dan daya yang dapat dibangkitkan sebesar 144,98 kW. Sehingga pada hasil tersebut diketahui hm 48 Payaman memiliki potensi yang paling besar untuk dijadikan pembangkit listrik tenaga mikro hidro.

Tabel 2. Hasil perhitungan

Lokasi	Head (m)	Debit (m^3/s)	Daya (kW)
Hm 48 Payaman	6,4	4,10	217,78
Hm 53 Payaman	4,7	3,91	152,55
Hm 82 payaman	5,2	3,67	158,66
Hm 127 menowo	2,6	3,36	72,49
Hm 129 Menowo	5,4	3,36	150,59
Hm 130 Polosari	3,5	3,36	97,59
Hm 134 Kebonpolo	5,2	3,36	144,98

Mengacu pada SNI 8397-2017 perhitungan debit diatas menggunakan metode *float*. Dari hasil keseluruhan perhitungan, berdasarkan SNI 8397-2017 generator yang digunakan adalah generator asinkron 3 fasa dengan tegangan keluaran 220/380 volt, dan turbin yang digunakan adalah turbin propeller.

Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) merupakan langkah yang dilakukan setelah menghitung analisa harga satuan

pekerjaan (AHSP). Perhitungan AHSP dan RAB ditunjukan oleh lampiran rencana anggaran biaya. Perhitungan rencana anggaran biaya mendapatkan hasil Rp. 245.366.000,- untuk perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Besarnya biaya yang digunakan untuk perancangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) pada saluran Progo-Manggis dipaparkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA					
Kegiatan		: Studi Kelayakan PLTMH Aspek Teknis			
Lokasi		: Saluran Progo - Manggis			
Tahun Anggaran		: 2022			
No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah harga
1	Pengukuran debit dan <i>head</i> saluran	OH	4	Rp258.807,36	Rp1.035.229,44
2	pekerjaan pemasangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro	Unit	1	Rp179.566.378	Rp179.566.377,85
3	pekerjaan pembuatan <i>power house</i>	m ²	12	Rp3.538.192	Rp42.458.304,00
Jumlah					Rp223.059.911,29
ppn 10%					Rp22.305.991,13
Total					Rp245.365.902,42
Dibulatkan					Rp245.366.000,00

KESIMPULAN

Hasil dari menganalisis ketujuh terjunan pada saluran Progo – Manggis yaitu terjunan hm 48 Payaman memiliki potensi paling besar untuk dijadikan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). Hal tersebut dikarenakan terjunan hm 48 Payaman memiliki ketinggian jatuh air paling tinggi, debit air paling besar, dan daya yang dapat dibangkitkan paling besar dibandingkan dengan terjunan lainnya. Turbin yang digunakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah turbin propeller dikarenakan tinggi jatuh air pada terjunan hm 48 Payaman termasuk dalam kategori rendah. Berdasarkan SNI 8397-2017 generator yang digunakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah generator asinkron 3 fasa dikarenakan menyesuaikan dengan perhitungan daya terbangkit.. Estimasi biaya untuk membangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah sebesar Rp. 245.366.000,.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Nisworo and D. Pravitasari, "Potential of Irrigation Channel as the New Renewable Energy Sources," pp. 288–291, 2017.
- [2] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2017, Pemanfaatan Sumber Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Listrik. 30 Januari. Jakarta.
- [3] A. Purnama, "Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Tinjauan Teknis," pp. 124–130, 2018.
- [4] Ikrar Hanggara dan Harvi Irvani, "Potensi PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) Di Kecamatan Ngantang Kabupaten Malang Jawa Timur," *J. Reka Buana*, vol. 2, no. 2, pp. 149–155, 2017.
- [5] V. Dwiyanto, D. I. K, and S. Tugiono, "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)," vol. 4, no. 3, pp. 407–422, 2016.
- [6] M. D. Tobi, P. Katolik, S. Paul, V. N. Van Harling, and P. Saint Paul, "Studi Perencanaan Pembangunan Pltmh Di Kampung Sasnek Distrik," no. November 2019, 2017, doi: 10.32531/jelekn.v3i1.63.
- [6] I Murtadlo "Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Embung Kuniran kecamatan Sine Kabupaten Ngawi," 2017.
- [8] Riadi, "Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jakarta: Gramedia," *Gramedia*, 2017.