

Studi Potensi Pengembangan PLTMH di Kawasan Perkebunan Teh PT. PAGILARAN Kabupaten Batang

¹Wahid Pujo Widiyantoro*), ²Dr.Eng. Wahyu Wilopo, S.T., M.Eng. & ³Muhammad Sulaiman, S.T., M.T., D.Eng.

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sistem, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sistem, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Teknik Utara No. 3 Berek, Yogyakarta 55281

wahidzjoe@gmail.com)*

Abstrak

Mendukung master plan di wilayah perkebunan teh PT. Pagilaran dan adanya sumber energi yang bersih atau green energy di wilayah pabrik PT. Pagilaran, sehingga diperlukan pengembangan pembangunan energi terbarukan. Penelitian ini mengkaji tentang potensi pengembangan pembangunan pembangkit listrik tenaga air baik dari sisi teknis dan juga sisi ekonomis. Beberapa hal yang dibahas dalam penelitian ini meliputi potensi debit air, penentuan intake, penentuan ketinggian, potensi daya yang dibangkitkan dan nilai investasi. Dari hasil analisis potensi debit adalah 2 – 3 m³/dt. Dari debit tersebut akan di tampung ke embung Bismo yang memiliki luas 9356 m² dan kedalaman 3 meter. Kemudian yang dimanfaatkan untuk PLTMH debit air sebesar 1,1 m³/dt. Ketinggian dari intake penstock adalah 93,87 meter yang menghasilkan potensi daya sebesar 607,15 kW dengan efisiensi keseluruhan 60%. Nilai investasi yang dibutuhkan pembangunan PLTMH di wilayah perkebunan teh Pagilaran dengan sumber daya air dari embung Bismo sebesar Rp 17.622.303.363,72,-. Net Present Value pada proyek PLTMH ini sebesar Rp 16.990.874.247,23,- dengan umur efektifitas pembangkit 20 tahun. BEP yang dicapai pada pembanguna PLTMH ini selama 5,96 tahun dengan suku bunga 6%. Berdasarkan nilai parameter evaluasi proyek di dapatkan nilai NPV dan IRR lebih besar dari 0 (nol), BCR>1 dan BEP di bawah umur ekonomis proyek.

1 Pendahuluan

Di kawasan Perkebunan Pagilaran Desa Keteleng Kecamatan Blado Kabupaten Batang merupakan daerah dengan potensi bagus untuk mikrohidro. Perkebunan Teh Pagilaran mempunyai sumber daya air yang memadai untuk keperluan perkebunan dan sumber energi listrik. Potensi sumber daya air dan debit aliran air yang cukup besar dapat dimanfaatkan untuk dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Sehingga dalam perencanaannya perlu diberlakukan studi potensi mikrohidro di daerah tersebut untuk memperhitungkan berbagai aspek yang mendukung pembangunan mikrohidro. Aspek-aspek tersebut diantaranya adalah aspek teknis dan non-teknis. Aspek teknik terdiri atas aspek hidrologi dan bangunan sipil, sedang aspek non-teknis meliputi aspek ekonomi/finansial, aspek sosial budaya, aspek lingkungan dan aspek berkelanjutan.

Studi potensi pengembangan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah kajian awal sebelum dilakukan perencanaan pembangunan PLTMH. Pada tahapan studi potensi dilakukan untuk menggali informasi terkait dengan beberapa potensi meliputi sumber daya air yang digunakan, debit air, ketinggian (head), daya yang dibangkitkan dan nilai ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

2 Dasar Teori

2.1 Ketersediaan Air

Ketersediaan air adalah jumlah air (debit) yang diperkirakan terus menerus ada disuatu lokasi (bendung atau bangunan air lainnya) di sungai dengan jumlah tertentu dan dalam jangka waktu (periode) tertentu (Direktorat Irigasi, 1980).

Untuk pemanfaatan air, perlu diketahui informasi ketersediaan air andalan (debit, hujan). Debit andalan adalah debit minimum sungai dengan besaran tertentu yang mempunyai kemungkinan terpenuhi yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Untuk keperluan irigasi, debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%, sedangkan untuk keperluan air baku biasanya ditetapkan 90%. Misalnya debit andalan 80% adalah 3 m³/dt, artinya kemungkinan terjadinya debit sebesar 3 m³/dt atau lebih adalah 80% dari waktu pencatatan data. Kemudian 20% adalah terjadinya debit kurang dari 3 m³/dt (Triatmodjo, 2015).

2.2 Debit Andalan Berdasrkan Curah Hujan

Apabila data debit tidak tersedia analisis ketersediaan air dapat dilakukan dengan menggunakan model hujan aliran. Pada suatu daerah aliran sungai, pada umumnya data hujan tersedia dalam jangka waktu panjang, sedangkan data debit adalah jangka pendek. Dari data curah hujan dapat dihitung debit aliran berdasarkan persamaan berikut.

$$Q = 0,0055p + 0,602 \quad (1)$$

Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan 2.2 dan data curah hujan dari tahun ke tahun dapat diturunkan debit aliran pada tahun tersebut. Apabila data debit sudah diperoleh dalam beberapa tahun, penentuan debit andalan dapat dilakukan berdasarkan debit tahunan atau debit bulanan (Triatmodjo, 2015).

2.3 Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH)

IFC (International Finance Corporation) tentang Hydroelectric Power pada A Guide for Developers and Investors menjelaskan bahwa tenaga air dapat dihasilkan di mana pun aliran air turun dari tingkat yang lebih tinggi ke tingkat yang lebih rendah. Perbedaan antara dua ketinggian permukaan air disebut sebagai head. Head bisa ada di alam, misalnya ketika aliran sungai menurun curam bukit atau ketika perubahan tajam dalam ketinggian menciptakan air terjun di sungai. Namun, head juga bisa dibuat secara artifisial oleh membangun bendung atau bendungan; bendungan menciptakan penghalang air mengalir, naikan level air hulu ke ketinggian yang diinginkan. Sebagai hasil dari perbedaan elevasi gravitasi potensial energi disimpan di dalam air, energi ini dapat dimanfaatkan oleh memasang turbin dan generator. Aliran air menggerakkan turbin, sehingga mengubah energi potensial air menjadi kinetik energi. Rotasi turbin memaksa rotator generator berputar di sekitar stator sehingga mengubah energi kinetik pertama energi mekanik, dan kemudian ke energi listrik.

Perhitungan berapakah daya terbangkitkan dari debit aliran air dan tinggi terjunan, yaitu dengan rumus :

$$P = \rho.Q.g.H \quad (2)$$

Keterangan :

P = daya terbangkitkan (Watt)

Q = Debit aliran air (m³/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

H = Ketinggian terjunan (m)

ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)

2.4 Pemilihan Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Faktor tinggi jatuhnya air efektif (Net Head) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin. (Ismono, 1999)

2.5 Analisis Ekonomi

Ekonomi pada suatu lokasi potensi PLTMH ditentukan dengan beberapa parameter sebagai berikut. (IMIDAP, 2009)

a. Parameter Ekonomi Teknik

Benefit cost ratio yang didefinisikan sebagai perbandingan antara manfaat yang diperoleh dengan investasi yang diterapkan. Berdasarkan pengertian tersebut, maka nilai perbandingan ini harus sama dengan atau lebih dari 1.

Net present value mempunyai pengertian jumlah dari keseluruhan manfaat dikurangi dengan keseluruhan biaya pada jangka waktu tertentu. Berdasarkan pengertian tersebut, maka nilai perbandingan ini harus lebih dari 0 karena pembangunan tidak boleh memberi dampak kerugian.

Analisis economic internal rate return adalah keuntungan yang bisa dihasilkan dengan adanya operasi PLTMH. Keuntungan ini harus lebih tinggi dari pada tingkat bunga bank pinjaman.

Cash flow arus kas adalah aliran dana masuk dan aliran dana keluar dalam periode tertentu yang berjangka pendek dalam pengelolaan dana yang dimiliki lembaga pengelolaan PLTMH. Rancangan arus kas ini untuk menentukan kemampuan lembaga pengelolaan PLTMH membayar bungaran pokok pinjaman kepada kreditor dan untuk menunjukkan hubungan laba bersih terhadap perubahan kas lembaga.

b. Parameter Ekonomi Pembangunan

Intensif pajak, subsidi bunga dan sebagainya diberlakukan dalam pembangunan di wilayah terpencil di Indonesia yang memerlukan perhatian khusus dari pemerintah sehingga beberapa parameter ekonomi yang diterjemahkan dalam analisis ekonomi teknik menjadi nol.

3 Diskusi

3.1 Keadaan Desa Keteleng

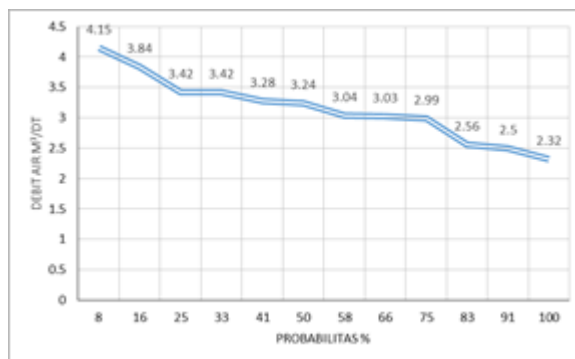
Kecamatan Blado merupakan kecamatan yang terletak di sebelah selatan kabupaten Batang dengan jarak tempuh 13 km dari kota. Desa Keteleng berada pada ketinggian 1000 meter di atas permukaan laut. Desa Keteleng Kecamatan Blado Kabupaten Batang memiliki luas wilayah 8,83 km² dengan jumlah penduduk 2.636 jiwa seperti dalam tabel 3.1 (BPS,2016).

Tabel 1 Penduduk Tahun 2016 Kecamatan Blado

Desa	Luas Desa		Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk	
	Ha	Km ²		Per Ha	Per Km ²
Keteleng	881,74	8,83	2636	3	299

3.2 Penentuan Debit

Berdasarkan debit yang diperoleh dari pengukuran tim survei PT. Pagilaran yaitu ketika musim penghujan mencapai 7,7 m³/dt kemudian ketika musim kemarau mencapai 4 – 5 m³/dt. Kemudian dari data curah hujan diperoleh perhitungan debit andalan menggunakan persamaan 1.1 dan ditetapkan debit andalan 90% didapatkan debit andalan 2,5 m³/dt. Dapat dilihat pada tabel berikut



Gambar 3.1 Grafik Debit Tahunan Berdasarkan Curah Hujan

Karena terdapat perbedaan yang signifikan antara data pengukuran dari tim survei PT. Pagilaran dengan hasil perhitungan menggunakan data curah hujan yang terdapat di wilayah Pagilaran, maka debit yang akan mengalir ke embung Bismo dan debit yang akan digunakan untuk PLTMH perlu direncanakan.

Pertama karena data yang didapatkan dari Tim survei PT. Pagilaran mengenai debit air pada Sungai Kitiran tidak dalam skala tahunan, jadi menggunakan data curah hujan yang berasal dari stasiun AWS dan setelah diolah menjadi data debit. Kedua untuk menjaga nilai keseimbangan atau konservasi alam dengan salah satunya tidak memanfaatkan

semua debit yang ada padan saluran air untuk keperluan PLTMH. Debit rancangan ini berdasarkan pada potensi yang telah didapatkan dan penyesuaian pada karakteristik jenis turbin yang nanti akan digunakan dan melihat kondisi pemanfaatan air pada embung Bismo tidak hanya digunakan untuk PLTMH saja. Melihat dari debit yang didapatkan melalui dua sumber data berbeda mempunyai selisih ukuran yang signifikan yaitu antara $2,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ sampai $4 - 5 \text{ m}^3/\text{dt}$ bahkan mencapai $7,7 \text{ m}^3/\text{dt}$ ketika musim hujan. Maka dari itu untuk mengantisipasi perbedaan yang terlalu besar dari bendung sungai hanya akan dimanfaatkan $1,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ yang akan di alirkan ke Embung Bismo kemudian debit yang dimanfaatkan untuk PLTMH yaitu $1,1 \text{ m}^3/\text{dt}$ atau dengan kata lain $0,4 \text{ m}^3/\text{dt}$ digunakan untukantisipasi losses.

3.3 nalisis Ketinggian

Pada penelitian ini diasumsikan menggunakan ketinggian dengan pengukuran aplikasi MyElevation yaitu 93,87 meter, karena pengukuran dilakukan langsung meletakkan lokasi koordinat ketika survei lokasi tersebut.

Menurut krateristik turbin air berdasarkan karakteristik tinggi jatuh dan debit maka ditentukan turbin yang akan digunakan adalah turbin crossflow karena dari hasil ketinggian dan debit yang di dapatkan menunjukan pada titik di area turbin crosflow dan mempunyai potensi daya yang dibangkitkan 1000 kW atau 1 MW.

3.4 Perhitungan Daya

Pada perhitungan daya pada PLTMH menggunakan persamaan 1.2 dengan diketahui debit yang digunakan $1,1 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan ketinggian 93,87 meter. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaaan 2.2 diketahui hasil potensi daya yang dihasilkan adalah 1011,91 kW atau 1 MW.

Pada potensi yang diperoleh belum perhitungkan dengan efisiensi yang ada pada PLTMH. Berdasarkan pada buku manual pembangunan PTMH (JICA Japan International Cooperation Agency) dan buku IMIDAP (Integrated Microhydro Development abd Aplication Program) tentang mekanikal elektrikl bahwa terdapat efisien keseluruhan total pada PLTMH yang meliputi efisiensi kontruksi sipil, penstock, turbin, generator, sistem control, jaringan listrik dan efisiensi trafo. Dalam buku tersebut menyatakan efisien keseluruhan PLTMH 60% - 75% yang kemudian diasumsikan pada penelitian ini menggunakan efisiensi 60% maka daya yang dibangkitkan menjadi 607,15 kW. Energi listrik yang dihasilkan dalam satu tahun yang dihasilkan pada acuan debit $1,1 \text{ m}^3/\text{dt}$ adalah sebesar $4.254.879,17 \text{ kWh} \approx 4,25 \text{ GWh}$ dengan capacity factor 80% berdasarkan buku Hydroelectric Power A Guide for Developers and Investors.

Kemudian pada Curug Binorong menurut data yang diperoleh dari data curah hujan yang diperoleh diasumsikan $1,1 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan ketinggian 15 meter. Dari data tersebut kemudian menggunakan Persamaan 1.2 dipeoleh potensi daya sebesar 161,7 kW dengan efisiensi 60% menjadi 97,02 kW. Energi listrik yang dihasilkan dalam satu tahun yang dihasilkan pada acuan debit $1,1 \text{ m}^3/\text{dt}$ adalah sebesar $679916,16 \text{ kWh} \approx 0,68 \text{ MWh}$.

3.5 Hasil Evaluasi Ekonomi Proyek

Setelah dilakukan perhitungan maka dilakukan evaluasi terhadap kriteria kelayakan proyek. Maka diperoleh hasil pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Hasil Evaluasi Proyek PLTMH 1

Parameter Evaluasi	Hasil Perhitungan	Kriteria Kelayakan Proyek
Nilai Investasi	Rp 17,622,453,131.79	-
Net Present Value (NPV)	Rp 16.990.874.247,23	NPV > 0
Benefit Cost Ratio (BCR)	1,59	BCR > 1
Break event Point (BEP)	5,96 Tahun	BEP < umur proyek
Internal Rate of Return (IRR)	6,24 %	IRR > 0

Tabel 3. 3 Hasil Evaluasi Proyek PLTMH 2

Parameter Evaluasi	Hasil Perhitungan	Kriteria Kelayakan Proyek
Nilai Investasi	Rp 2,815,988,036.40	-
Net Present Value (NPV)	Rp 2,371,737,752.66	NPV > 0
Benefit Cost Ratio (BCR)	1.47	BCR > 1
Break event Point (BEP)	6,51 Tahun	BEP < umur proyek
Internal Rate of Return (IRR)	6,23 %	IRR > 0

Dari hasil perhitungan NPV pada tingkat suku bunga 6 % diperoleh PLTMH 1 sebesar Rp 16.990.874.247,23,00 dan PLTMH 2 sebesar Rp 2,815,988,036.40. Berdasarkan kriteria kelayakan proyek yang mengharuskan NPV dan IRR > 0, Selain itu BCR > 1 dan Nilai BEP pada PLTMH 1 sebesar 5,96 tahun dan PLTMH 2 sebesar 6,51 tahun sehingga proyek ini dapat mencapai titik impas sebelum umur ekonomis proyek, sehingga proyek pembangunan PLTM ini layak dilakukan pembangunan.

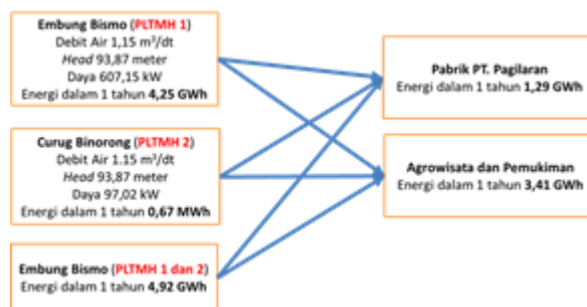
3.6 Rangkuman Analisis Teknis dan Ekonomi

Berdasarkan analisis potensi pada analisis teknis dan ekonomi untuk keperluan pengembangan pembangunan PLTMH di wilayah Perkebunan PT. Pagilaran maka diperoleh data pada tabel berikut.

Tabel 3.4 Beberapa Potensi

Sumber Potensi	Ketinggian	Potensi			Ekonomi Nilai Investasi
		Debit Air	Daya	Energi dalam 1 tahun	
Embung Bismo	93,87 meter	1,1 m ³ /dt	607,15 kW	4,25 GWh	Rp 17.622.453.131,79
Curug Binorong	15 meter	1,1 m ³ /dt	97,02 kW	0,92 GWh	Rp 2.815.988.036,40
Sungai Mubal	-	1 m ³ /dt	-	-	-
Sungai Kitiran	-	4 – 5 m ³ /dt	-	-	-

Kemudian dibuat skema alternatif suplai dengan permintaan/beban (demand) dan pemanfaatan energi tersebut sebagai berikut.



Gambar 3.1 Skema Pemanfaatan

Kemudian dari skema pemanfaatan tersebut dilakuakn analisis untuk bagian yang optimal untuk skema pemanfaatannya.

3.7 Penentuan Skema – Skema

Dengan demikian terdapat ada tiga skema yang dapat dihasilkan berdasarkan parameter sisi konservasi, ekonomi dan beban ke pabrik PT. Pagilaran, Argowisata dan Pemukiman. Kemudian dibuat skema – skema sebagai berikut.

1. P1 (Embung Bismo)

Skema pertama yang dilakukan adalah dengan berdasarkan PLTMH 1 yang bersumber daya air dari Sungai Kitiran yang ditmpung di Embung Bismo terlebih dahulu kemudian dimanfaatkan dari embung untuk PLTMH 1 dan keluaran PLTMH 1 berupa energi listrik dimanfaatkan untuk pabrik PT. Pagilaran, Argowisata dan Pemukiman dan keseluruhan untuk pabrik PT. Pagilaran, Argowisata dan Pemukiman. Penilaian konservasi dari skema ini

hanya memanfaatkan sebagian debit yang dimiliki dari Sungai Kitiran kemudian dialirkan ke Embung Bismo kemudian dari embung dimanfaatkan untuk PLTMH 1. Adanya Embung Bismo dapat menjadi penyediaan alternatif sumber daya air untuk wilayah perkebunan teh PT. Pagilaran dan dapat dimanfaatkan sebagai tambahan lokasi wisata.

2. P2 (Curug Binorong)

Skema kedua yang dilakukan adalah dengan berdasarkan PLTMH 2 yang bersumber dari debit aliran Curug Binorong. Keluaran PLTMH 2 berupa energi listrik dimanfaatkan untuk pabrik PT. Pagilaran, Argowisata dan Pemukiman dan keseluruhan untuk pabrik PT. Pagilaran, Argowisata dan Pemukiman. Penilaian konservasi dari skema ini hanya memanfaatkan sebagian debit yang dimiliki dari debit aliran Curug Binorong. Tidak adanya Embung Bismo tidak dapat menjadi penyediaan alternatif sumber daya air untuk wilayah perkebunan teh PT. Pagilaran dikarenakan lokasi dari Curug Binorong lebih rendah dari pada lokasi di Embung Bismo maka aliran air dari Curug Binorong tidak dapat dialirkan ke Embung Bismo. Dari sisi ekonomi memang lebih murah dari pada pembangunan PLTMH 1 tetapi berdampak energi listrik yang dihasilkan PLTMH 2 masih kurang mencukupi untuk mensuplai ke wilayah PT. Pagilaran dan sekitarnya

3. P3 (Embung Bismo dan Curug Binorong)

Skema ketiga yang dilakukan adalah dengan berdasarkan PLTMH 1 dan PLTMH 2 di lakukan pembangunan keduanya dan pembangunan Embung Bismo juga dapat dilaksanakan karena adanya sumber daya air dari Sungai Kitiran. Penilaian konservasi dari skema ini hanya memanfaatkan sebagian debit yang dimiliki dari kedua sumber daya air yang di gunakan untuk PLTMH. Tambahan dua PLTMH akan menambah nilai dari pemanfaatan sumber daya air yang ada di wilayah PT. Pagilaran. Ketika hasil keluaran energi listrik keduanya digabungkan mampu untuk mensuplai energi listrik ke pabrik PT. Pagilaran atau Argowisata dan Pemukiman akan tetapi tidak mampu untuk mensuplai secara total keseluruhan nya. Nilai dari ekonomi akan bertambah banyak dikarenakan adanya pembangunan dua lokasi dan ditambah ada nya pembangunan embung baru di wilayah Blok Bismo 1-A di perkebunan teh PT. Pagilaran. Berdasarkan pembahasan di atas, perbandingan semua alternatif skema dapat diilustrasikan dalam Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Perbandingan Alternatif Skema

No	Skema	Konservasi	Ekonomi	Beban		
				Pabrik PT. Pagilaran	Argowisata dan Pemukiman	Pabrik PT. Pagilaran, Argowisata dan Pemukiman
1	P1	++	++	+++	++	+
2	P2	+	+++	+	+	+
3	P3	+++	+	++	++	+

Dapat bahwa memiliki yang lebih daripada lainnya skema ini skema yang

disimpulkan skema P1 keunggulan banyak kedua skema sehingga merupakan paling optimal

bagi pengembangan potensi pengembangan pembangunan PLTMH di wilayah PT. Pagilaran

4 Kesimpulan

1. Lokasi potensi pengembangan pembangunan PLTMH di wilayah PT. Pagilaran berada di daerah Blok Bismo 1-A. Berdasarkan data curah hujan tahunan wilayah pagilaran memiliki nilai debit air 2 – 3 m³/dt.
2. Potensi daya dari pembangkit listrik tenaga air (PLTMH) di wilayah Perkebunan PT. Pagilaran sebesar 607,15 kW dengan debit air yang dimanfaatkan 1,1 m³/dt dan efisiensi PLTMH keseluruhan 80%. Total energi listrik dalam satu tahun yang dihasilkan pada acuan debit 1,1 m³/dt adalah sebesar 4.254.879,17 kWh $\approx$ 4,25 GWh.
3. Total anggaran investasi yang dibutuhkan pembangunan PLTMH di wilayah perkebunan teh Pagilaran dengan sumber daya air dari embung Bismo sebesar Rp 17.622.303.363,72,-

5 Daftar Pustaka

- [1] Aribowo, *Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan PLTMH di Desa Depok Kecamatan Lebakbarang Kabupaten Pekalongan*, Semarang: Universitas Diponegoro. Jurnal EKOSAINS Vol. IV No. 2 Juli 2012
- [2] BPPT, *Outlook Energi Indonesia 2013*, Jakarta: Pusat Teknologi Pengembangan Sumber Daya Energi BPPT, 2013.
- [3] Dimiyati, *Studi Kelayakan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Desa Setren Kecamatan Slogomo Kabupaten Wonogiri*. Wonogiri: PT. Dinamika Elektrik Mandiri. Jurnal Emitor Vol. 15 No. 02 Tanpa Tanggal 2015.
- [4] Farid, A. dan Mustaqim, *Studi Potensi dan Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Guci Kabupaten Tegal*. Tegal: Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal, 2016.
- [5] Fatimah Rosa, *Analisis Kelayakan (Feasibility Study) Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Di Desa Rowosari Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember*. Jember: Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember, 2015.
- [6] Febriansyah, *Kapasitas Pembangkitan dan Rancangan Anggaran Biaya Pembangunan PLTM di Sungai Damar*, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia, 2015.
- [7] International Finance Corporation, *Hydroelectric Power A Guide for Developers and Investors*, 70191 Stuttgart Germany: FICHTNER, 2017.
- [8] Ismono H.A., *Perencanaan Turbin Air Tipe Cross Flow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Institut Teknologi Nasional Malang*, Malang. Institut Teknologi Nasional Malang. Skripsi, 1999.
- [9] KESDM, *Statistik Ketenagalistrikan 2016*. Jakarta: Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, Edisi No. 30 Tahun Anggaran 2017, 2016.
- [10] Miftahudin, *Studi Kelayakan Potensi Saluran Primer Irigasi Batang Antokan Kecamatan Lubuk Basung Kabupaten Agam Untuk Rancang Bangun PLTMh*, Yogyakarta: Magister Teknik Sistem Universitas Gadjah Mada., 2008.
- [11] Sartohadi J. dan Pulungan N.A., *Laporan Kemajuan Kegiatan Survei Sumberdaya Air Di Kawasan PT. Perkebunan Pagilaran*, Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada, 2017.

- [12]Triatmodjo Bambang, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta Perum FT-UGM No. 3 Seturan Caturtunggal, 2015.